المدخل

إلى

خصوبة التربة و إدارة الأسمدة

An introduction

to

Soil Fertility & fertilizers management



مدرس المادة
د.حنون كاظم ناهي
استاذ خصوبة التربة والاسمدة
في
قسم علوم التربة والمياه

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

بسم الله الذي علم بالقلم علم الانسان مالم يعلم .والصلاة والسلام على من بعث نوراً وهدايةً للعالمين محمد بن عبدالله صلى الله عليه وسلم.

ازداد عدد السكان في العالم و تضاعف خلال الاربعين سنة الماضية واصبح 6 بلايين نسمة ومن المتوقع ان يتجاوز العدد 9 بلايين عام 2060 .ان حوالي 95 % من هذة الزيادة المتوقعة ستحدث في الاقطار النامية لاسيما في اسيا وافريقيا(Havlin *et al* (2005)).

ومع ان هناك زيادة واضحة في انتاجية معظم المحاصيل الزراعية والتي انعكست في زيادة الانتاج العالمي من الغذاء الا ان السؤال الذي يطرح نفسه هو هل ان هناك كفاية متوافره من الموارد الطبيعية للارض لتوسيع الانتاجية الزراعية بما يضمن الغذاء الكافي لهولاء السكان؟.

ان التحدي الذي يواجه المستثمرين في المجال الزراعي والزراع هوالتشخيص السليم لكل العوامل المحددة للانتاج وازالة او اتقليل منها من خلال الادارة السليمة وتبني التقانات الحديثة بما يضمن زيادة الغلة في وحدة المساحة.ومن الامور المهمة في هذا المجال هو توافر العناصر المغذية المطلوبة من قبل النبات بالكميات والنوعيات وفي الاوقات المناسبة كي

لاتكون عوامل محددة للانتاج. اذا علمنا ان هناك نسبة بحدود 50 %زيادة في الحاصل

الفصل	الموضوع	الصفحات

تكون مرافقة لاضافات الاسمدة لوحدها شريطة توافر عوامل النموالاخرى.

سيتم في هذا الكراس التطرق الى العناصر المغذية الضرورية الكبرى والصغرى وبعض العناصر المفيدة ومدى جاهزيتها للامتصاص بوساطة جذور النبات. كما ستتم مناقشة بعض الاسمدة الشائعة الاستعمال واهم الوسائل الادارية لإدارتها لاسيما كمياتها ونوعياتها ومواعيد وطرائق اضافتها فضلاً عن مناقشة التقويم الخصوبي للتربة والتداخل بين الاسمدة والمياه.

إن الهدف المنشود من هذا الكراس بعونه تعالى هو زيادة المعرفة في ادارة العناصر المغذية المضافة للوصول الى انتاجية مثلى من الناحيتين الكمية والنوعية التي تؤمن مصادر الغذاء والكساء وذات مردود اقتصادي مربح ولاتؤثر سلباً في البيئة وهذا لايتم الا من خلال اعتماد وتبني التقانات الحديثة.

ولايفوتني هنا الا ان اتقدم بالشكر والتقدير والعرفان لكل من مد يد العون والمساعدة في انجاز هذا الكراس واخص بالذكرالاستاذ الدكتور يوسف محمد ابوضاحي رئيس قسم علوم التربة والمياه استاذ تغذية النبات في القسم لتقويمه الكراس علمياً ولغوياً وملاحظاته القيمة التي اغنت الكراس وا.د.عبدالوهاب عبدالرزاق شاكر لقراءته المسودة الاولية لهذا الكراس وملاحظاته القيمة والى اللجنة العلمية في القسم للتشجيع.

اسأل العلي القدير ان يلقى هذا الجهد المتواضع شئ من القبول لدى القراء الاعزاء وان يكون عوناً لبناتي الطالبات وابنائي الطلبة.

ومن الله التوفيق

المعد

ا.د.نورالدين شوقي علي

المحتويات

الفصل الأول

خصوبة التربة والاسمدة

المقدمةوالاهداف:

تعرف خصوبة التربة بأنها قابلية التربة على امداد النبات بالعناصر المغذية الضرورية او الاساسية بكميات متوازنة تلبي احتياجات النبات. يقصد بإنتاجية التربة بأنها قابلية التربة على انتاج محصول معين او تتابع محاصيل مختلفة في الظروف البيئية المعينة وتحت ادارة معينة. ولاشك فان هناك تداخلاً في استعمال المفهومين.

للحصول على طاقة الانتاج القصوى للمحصول المعين فأنه يتطلب توافر ظروف الانتاج المختلفة الوراثية والبيئية وعوامل التربة ، او بتعبير اخر عند توافر ظروف الانتاج كلها بشكل مثالي. ان وجود اي عامل بحالة او كمية اقل من الحالة المثالية يؤدي الى نقص في طاقة الانتاج وهذا العامل هنا يسمى بالعامل المحدد (The limiting factor)

بشكل عام هناك عوامل يمكن السيطرة عليها ومنها خصوبة التربة من خلال اضافة المخصبات العضوية والمعدنية وتحسين الظروف الفيزيائية والكيميائية في التربة التي تزيد من جاهزية هذه المغذيات وامتصاصها بوساطة جذور النباتات.

في السنوات الاخيرة وللاهتمام الكبير في موضوع تلوث البيئة اصبح التركيز على استعمال المخصبات والمغذيات التي تعطي انتاجاً اقصى مربحاً اقتصادياً او ذا جدوى اقتصادية وبأقل تأثير سلبي في البيئة ، اي تحسين الانتاجية مع المحافظة على بيئة سليمة ، ولذلك فهناك حالياً وعلى المستوى العالمي اتجاه في تحسين الانتاجية من خلال استنباط الاصناف عالية الانتاجية واستعمال الاسمدة الحيوية واستخدام الدورات الزراعية التي تحوي على البقوليات والادارة للمياه والتربة والمحصول من اجل الحصول على اقصى انتاج وبأقل ضرر على البيئة.

العناصر الغذائية المهمة في التربة وعلاقتها بنموالنبات :

العناصر الاساسية الضرورية او الاساسية (Essential nutrients):

هناك في التربة اعداد كبيرة من العناصر الا ان الذي ثبت منها بأنه ضروري للنباتات الراقية ولا تستطيع هذه النباتات اكمال دورة حياتها او النمو بشكل جيد الا بوجودها والتي لا يمكن ان تعوض بعناصر اخرى. وهذه العناصر المغذية هي 16 عنصراً واضيف لها عنصر مغذي اخر في الثمانينات من القرن العشرين وهو النيكل ولذا اصبح عددها 17 عنصراً. تقسم هذه العناصرالمغذية بناءً على حاجة النباتات منها وتراكيزها في المادة الجافة للنبات او الكمية التي تضاف فيها الى التربة او رشها على النباتات الى:

العناصر المغذية الكبرى Macronutrients

وتشمل كلاً من C و H و O و N و P و K و Ca و Mg و S.

العناصر المغذية الصغرى Micronutrients

وتشمل Fe و Mn و Zn و B و Cu و Cl و Mo و Ni. وهناك عناصر مفيدة لبعض النباتات مثل Na و Si و Co . إن معظم العناصر اعلاه مصدرها التربة ، فضلاً عن الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنتروجين الذي تتوفر في المياه والهواء الجوي وفي هواء التربة وذائبة بالماء.

وجود العناصر المغذية في التربة:

توجد العناصر المغذية في التربة على عدة اشكال قسم منها جاهز للامتصاص بوساطة جذور النبات وقسم منها غير جاهز او يحتاج الى عمليات معينة لكي يتحول من شكل غير جاهز الى شكل جاهز.

حركة العناصر المغذية في التربة وباتجاه الجذور والامتصاص بوساطة الجذور:

هناك عدد من الآليات التي بوساطتها يتحرك الايون من مكان الى اخر في التربة ومن التربة الى سطوح الجذور وهي:

- الجريان الكتلي: وهي حركة الايونات مع جريان الماء وهذا يشمل حركة الايونات المتحركة في التربة مثل النتروجين ولاسيما النترات وجزء من البوتاسيوم.
- الانتشار: ويشمل حركة الايونات من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز الاقل وهذا بالنسبة للبوتاسيوم والفسفور (العناصر ذات الحركة الاقل او غير المتحركة مثل الفسفور).
- اعتراض الجذور: ويتم هذا من خلال نمو الجذور واعتراضها لاجزاء التربة واخذ الايونات مباشرة من سطوح التبادل ومن محلول التربة.

ومما تجدر الاشارة اليه فانه لكافة الاليات آنفة الذكر فان الماء ضروري لها ولذلك فمن الاهمية تواجد الماء بشكل مثالي وكاف للنباتات ومن هنا تكمن اهمية ادارة المياه.

ان إمتصاص ايونات العناصر المغذية بوساطة الجذور وانتقالها الى الاجزاء العليا فيتم من خلال:

- التبادل بالتماس (contact exchange): التبادل بين ايونات معينة على الجذور ومع الايونات التبادلية او الذائبة في التربة.

- الامتصاص الحر او السلبي (passive absorption): ويتم مع انحدار التركيز ولا يحتاج الى طاقة ويحدث بشكل رئيس في الفراغ الحر للجذر (free space) وغير اختياري وتعاكسي.
- الامتصاص الحيوي او النشط (Active absorption): وهذا يحدث ضد انحدار التركيز (Against concentration gradient) ويحتاج الى طاقة ويحدث بوجود نواقل معينة ويستخدم الـ ATP مصدراً للطاقة وهو امتصاص اختياري وغير متعاكس.

دور العناصر المغذية وأهميتها للنبات:

سيتم هنا فقط الاشارة الى بعض الامور الاساسية والبسيطة ويمكن الرجوع الى كتب خصوبة التربة والاسمدة وتغذية النبات لغرض التوسع في الموضوع. و بشكل عام يكون دور العناصر المغذية اما من خلال :

- كونها جزءاً من تركيب النبات : اي تدخل في بناء النبات وتركيبه مثل عنصر النتروجين والكبريت والتي تدخل في الاحماض الامينية والتي تعد الوحدات الاساسية للبروتين مثل المغنيسيوم الذي يدخل في تكوين الكلوروفيل ... الخ.
- تدخل في اجزاء الطاقة وكماهوالحال بالنسبة للفسفور ودخوله في الـ ATP .
- في موازنة الضغط الازموزي وعمليات الاكسدة والاختزال وتنظيم درجة الحموضة.
- دور مهم في تنشيط الانزيمات كماهوالحال بالنسبة للبوتاسيوم.

العناصر المغذية الصغرى لها ادوار من خلال تأثيرها في نشاط الانزيمات وعمل منظمات النموالنباتية أوتثبيت النتروجين الجوي والكلوروفيل او عملية التمثيل الضوئي والتنفس.

التوازن بين العناصر المغذية:

التوازن بين العناصر المغذية ضروري ايضاً اذ ان هناك ثلاث حالات هي :

التضاد antagonism: وهي زيادة عنصر ما يقلل من عنصر اخر بالنبات عن طريق المنافسة على

مواقع التبادل والامتصاص ، مثل البوتاسيوم والامونيوم .

التشجيعsynergetic: وجود عنصر ما او امتصاصه يشجع عنصر اخر مثل امتصاص النترات يشجع من امتصاص البوتاسيوم .

التداخل Interaction : حالات تشجيع مثل Mo او Mg يشجعان امتصاص P وحالات تضاد مثل P-Zn (اذ ان P يثبط امتصاص Zn لاسيما عند الاضافات العالية للفسفور)

والجدول 1-1 يبين الاشكال التي تمتص بها العناصر المغذية من قبل النبات والتركيز في المادة الجافة

العناصر المغذيةوالصور الايونية التي تمتص عليها	التركيز في الورقة على اساس الوزن الجاف
النتروجين NO_3^- ، NH_4^+	٪5-2
الفسفور $H_2PO_4^-$ ، $HPO_4^{=}$	٪0.5-0.2
البوتاسيوم K^+	٪6-2
المغنيسيوم Mg^{++}	٪0.6-0.3
الكالسيوم Ca^{++}	٪ 1.6-0.3
الكبريت $SO_4^{=}$	٪0.2-0.1
الحديد Fe^{+2}	250-150 جزء بالمليون
المنغنيز Mn^{+2}	200-100 جزء بالمليون
البورون $BO_3^{=}$	100-50 جزء بالمليون
الزنك Zn^{+2}	100-50 جزء بالمليون
كلور Cl^-	150-100 جزء بالمليون
موليبيدنم MoO_4^{-2}	1-0.1 جزء بالمليون
النحاس Cu^{+2}	10-5 جزء بالمليون
اوكسجين O	٪45
كاربون C	٪45
هيدروجين H	٪6

ملاحظة:التراكيز انفة الذكر هي بشكل عام .بيد ان هناك نباتات قد تحتوي تراكيز اعلى من ذلك بكثير فمثلاً فالحديد قد يصل تركيزه في نبات السبانغ الى اكثر من 1000 جزء بالمليون والفسفور قد يصل تركيزه في البذور الى 1-2% والكالسيوم قد يصل تركيزه في نبات الخيار الى 9 % وتعد تراكيز طبيعية ولاينتج عنها اي سمية لتلك النباتات.

مفهوم جاهزية العناصر الغذائية:

يكون العنصر جاهزاً للنبات من الناحية الكيميائية اذ توفر بشكل يكون قابلاً للامتصاص من قبل النبات . بتعبير اخر اذا وجد بشكل ذائب او متبادل. اما من حيث الموقع فيكون جاهزاَ اذا كان بمسافة تستطيع جذور النباتات الحصول عليها . اما الجاهز الحيوي فهو توفر العناصر بشكل جاهز كيمياوياً ومتوفر بكميات وبسرعة تتلاءم مع نموالنبات ويستطيع النبات اخذه باستمرار.

الأسمدة (Fertilizers(Fertilisers:

الاسمدة : مواد طبيعية (عضوية أو غيرعضوية) او مصنعة تضاف الى التربة او مباشرةَ الى النبات من اجل تجهيز النبات بعنصر واحد أو أكثر من العناصر المغذية الضرورية لنموه.

ان فلسفة الإضافة تختلف، فالإضافة إما لزيادة خصوبة التربة او لتعويض نقص العناصر المغذية الجاهزة للإمتصاص بوساطة جذور النباتات او للمحافظة على المستوى الموجود أصلا أو لكي يكون هناك توازن جيد بين العناصر المغذية المختلفة لاسيما الكبرى منها.اما **الدمن** Manure فهو مصطلح كان يطلق على السماد بشكل عام الا انة في الوقت الحاضر تقتصر التسمية على الأسمدة العضوية .بشكل عام كان السماد العضوي هوالسماد المستعمل ،الا انه وبمرور الوقت تم التحول الى استعمال الاسمدة المعدنية(غيرالعضوية) الطبيعية والمصنعة مع الاستمرار في اضافة الاسمدة العضوية لاهميتها في تحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية ، فضلاً عن احتوائها على عدد من العناصر المغذية ولكن بنسب اقل بكثير من الاسمدة المعدنية. يمثل الجدول (1-1) محتوى بعض الأسمدة او المخلفات او

البقايا العضوية من العناصر المغذية وهنا يجب التأكيد على ان المحتوى يختلف حسب طريقة تحضير السماد ونوع التربية ونوع الحيوان . . . الخ.

جدول (1-1) محتوى بعض الأسمدة او المخلفات العضوية من العناصر المغذية

السماد العضوي Organic fertilizer	التحليل على أساس الوزن الجاف Analysis (dry matter) %		
	N	P	K
Blood and bone ا لدم والعظام	6.1	6.9	–
Dried blood الدم المجفف	12.0 - 14.0	–	–
Bone dust مسحوق العظام	3.0 – 4.0	7.0 – 8.0	–
Hoof and horn القرون والحوافر (الأظلاف)	9.0	5.0	–
Wood ashes رماد الخشب	–	1.0	5.0
Cow manure دمن الأبقار	0.6	0.3	0.5
Sheep manure دمن الأغنام	0.9	0.3	0.9
Horse manure سماد الإسطبل (دمنة الخيول)	0.7	0.2	0.6
Poultry manure سماد دواجن الفرشة السميكة	1.0 – 4.0	0.8 – 1.6	0.5 – 1.5
Feathers الريش	8.8	–	–
Sewage sludge مخلفات المجاري او الحمأة (نهتم بموضوع محتواه من الملوثات)	5.0	2.2	0.5

Sea weed دغل البحر	0.6	_	1.0
Saw dust نشارة الخشب	0.1	_	0.2
Peat البيتموس (الدمان)	1.2 – 1.5	0.1	0.2
Garden compost دمان الحديقة (الكمبوست)	2.7	2.9	0.9
Municipal compost دمان مخلفات المدن	1.0 – 2.0	0.1 – 0.2	0.3 – 1.0

و يجب الملاحظة كون التعبير عن المحتوى بشكل **K , P , N** وهنا يمكن التحويل الى P_2O_5 و K_2O

الفروق بين الاسمدة العضوية وغير العضوية مبينة في الجدول 1-2.

جدول1–2 اهم الفروق بين الاسمدة العضوية و غير العضوية

الأسمدة غير العضوية(المعدنية)	الأسمدة العضوية
عبارة عن مواد معدنية نقية	مزيج من بقايا نباتية وحيوانية بدرجات مختلفة من التحلل
نسبياً ذات محتوى عال من العناصر المغذية	ذات محتوى واطئ من العناصر المغذية مع أنها تجهز عدداً من هذه العناصر المغذية
العناصر المغذية تكون جاهزة بشكل مباشرو تتحلل وتحرر العناصر الغذائية بشكل سريع ،عدا بالنسبة للاسمدة بطيئة التحرر.	مواد عضوية يجب ان تتمعدن(تمر بعملية المعدنة)اولاً قبل ان تصبح العناصر الغذائية جاهزة.ولذ فهي تحتاج الى وقت للتحلل .
تجهز العناصر المغذية المحددة (عنصر او أكثر) حسب نوع السماد بسط او مركب	تجهز عدد من العناصر المغذية الكبرى والصغرى.
هناك احتمالية ان يكون لها تأثير ملحي عند الإضافة بمستويات عالية لاسيما للأسمدة ذات الدليل الملحي العالي مثل كلوريد البوتاسيوم عند الإضافة بتماس مع البذور او قرب البادرات. وعموماً لايحبذ الرش بالكلوريد سيما في المناطق الجافة وشبة الجافة لأنه قذ تسبب حروق واضرار للنباتات.	التأثير الملحي اقل أهمية بشرط أنها نظيفة وخالية من الأملاح.
اكثر عرضة للفقد بالغسل او عمليات الفقد المختلفة.	اقل عرضة للفقد بالغسل او عمليات الفقد المختلفة.
عموماً لاتؤثر في خصائص التربة المختلفة عدا اضافنها للعناصر المغذية المحددة وبعض التأثيرات في درجة تفاعل التربة والملوحة ولقسم منها فقط.	تؤثر في خصائص التربة المختلفة لاسيما عند اضافتها بكميات عالية.ولذا تعد هذه الاسمدة من المصلحات للتربة.

ولذا سيتم في هذا الكراس مناقشة :

1. سلوك العناصر المغذية الموجودة اصلاً في التربة والعناصر المضافة على هيئة اسمدة.
2. وصف تأثير خصائص التربة في جاهزية العناصر المغذية للمحاصيل.
3. تحديد فعاليات إدارة التربة والأسمدة لزيادة الإنتاجية والربحية وتشجيع المحافظة على البيئة في الوقت نفسه.

وعموماً هناك أمران مهمان وهما :

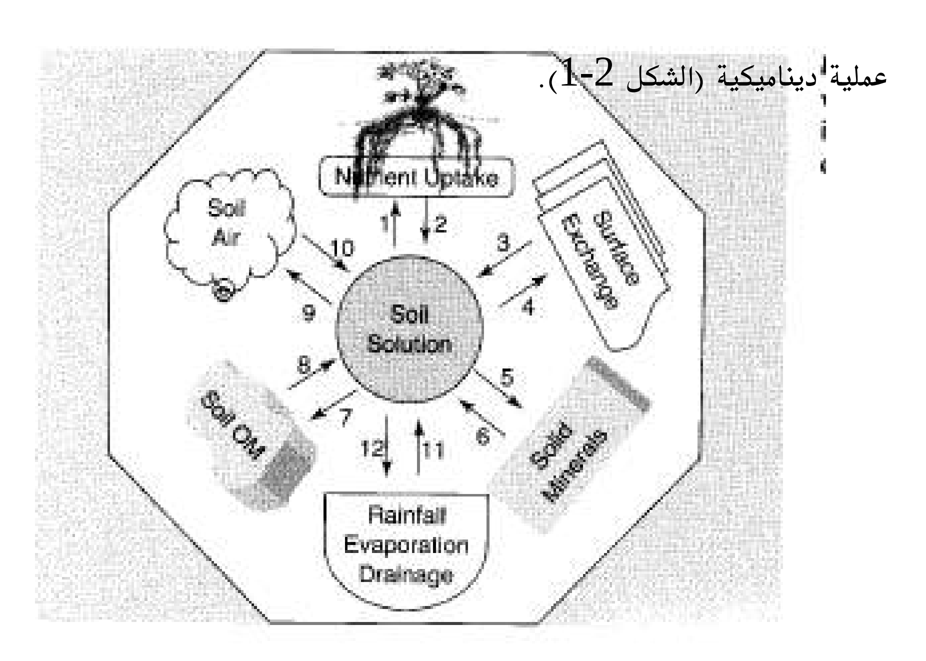
- إن تشخيص حالة مغذيات النبات لوحدها لا تعطي بالنتيجة إنتاجية تربة جيدة إذ إن عوامل أخرى مهمة كالرطوبة والحرارة وظروف التربة الفيزيائية الكيميائية وملوحة التربة والاجهادات الأحيائية (الحشرات والأمراض والأدغال) كلها عوامل ممكن أن تقلل من إنتاجية التربة حتى للترب الأكثر خصوبة.

إن علم خصوبة التربة الحديث يجب أن يأخذ موضوع البيئة بنظر الاعتبار جنباً إلى جنب مع الإنتاجية.

العلاقات الأساسية بين التربة والماء والنبات

إن التداخلات بين الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية في التربة تسيطر على جاهزية العناصر المغذية للنبات و إن فهماَ جيداَ لهذه التداخلات وكيفية تأثرها بالظروف البيئية خلال فصل النمو يساعد في تنظيم جاهزية هذه المغذيات وانتاجية النبات.

الهدف من هذا الفصل هو مراجعة التفاعلات الكيميائية الاساسية في الترب وحركة الايونات في محلول التربة وامتصاص الايونات من قبل النبات .إن تجهيز العناصر المغذية الى جذور النبات تعد عملية ديناميكية (الشكل 2-1).



الشكل 2-1: مخطط لمختلف مكونات التربة التي تؤثر في تركيز مغذيات النبات في محلول التربة

مغذيات النبات الموجبة والسالبة تمتص بوساطة جذور النبات(nutrient uptake) من محلول التربة (soil solution) وتحرر في الوقت نفسه كميات صغيرة من الايونات مثل الهيدروجين (H^+) والهيدروكسيل (OH^-) والبيكاربونات (HCO_3^-) الى محلول التربة (التفاعلات 1 و 2 في المخطط (الشكل 2-1). عندما يمتص النبات المغذيات من المحلول فأن التركيز يتناقص في المحلول مما يؤدي الى حدوث عدد من التفاعلات الكيميائية والحيوية لاعادة تنظيم التركيز في المحلول واعادة تجهيزه بالمغذيات. التفاعل المعين الذي يحدث يعتمد على الايون الموجب او السالب المعين. الايونات الموجودة في المحلول يمكن ان تدمص(امتزاز سطحي) على الاسطح المختلفة او التبادل على السطوح(surface exchange) ويمكن ان يحدث لها عكس امتزاز(او تحرر) لاعادة التجهيز وتنظيم محلول التربة (التفاعلات 3 و 4). تبادل الايونات التي تتم من خلال الادمصاص وعكسه هي عبارة عن تفاعلات كيميائية مهمة تؤثر في جاهزية المغذيات للنبات .

تحوي التربة ايضاً معادن(minerals) يمكن ان تذوب لاعادة تجهيز محلول التربة (التفاعل 6). المغذيات المضافة كأسمدة يمكن ان يبقى قسم منها في محلول التربة وقسم يمتز على الاسطح وقسم يترسب بشكل معادن صلبة (تفاعل 5).

عندما تقوم الاحياء المجهرية بتفكيك بقايا النبات فأنها يمكن ان تمتص بعض الايونات من محلول التربة الى انسجتها (تفاعل 7). عندما تموت هذه الاحياء المجهرية او الاحياء الاخرى تحدث عملية ازاحة عكسية للايونات الى محلول التربة (تفاعل 8). التفاعلات المايكروبية مهمة الى جاهزية المغذيات للنبات كماهوالحال بالنسبة للصفات الاخرى ذات العلاقة بانتاجية التربة.

الفعالية المايكروبايولوجية (الحيوية) تعتمد على تجهيز مناسب للطاقة من الكاربون العضوي (بتعبير اخر بقايا المحصول) وجاهزية الايونات غير العضوية وعدد كبير من الظروف البيئية للتربة .

جذور النباتات واحياء التربة تستعمل الاوكسجين O_2 و ثنائي اوكسيد الكربون خلال الفعالية البنائية (التفاعلات 9 و 10). نتيجة لذلك تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في هواء التربة قد يصل الى مئة مرة او اكثر عن المحيط الجوي (الهواء خارج التربة) لاسيما وان انتشار الغازات في الترب يتأثر ويتناقص بشكل كبير مع المحتوى الرطوبي للتربة.

عدد كبير من العوامل البيئية وفعاليات الانسان يمكن ان تؤثر في تركيز الايونات في محلول التربة وتتداخل مع العمليات المعدنية والحيوية في الترب (التفاعلات 11 و 12). مثال ذلك اضافة السماد الفوسفاتي الى التربة يزيد من تركيز الاورثوفوسفيت $H_2PO_4^-$ في البداية في محلول التربة ومع الزمن يبدأ تركيز $H_2PO_4^-$ بالتناقص نتيجة لامتصاص النبات (تفاعل 1) والادمصاص على اسطح المعادن (تفاعل 4) والترسيب بشكل مركبات الفسفور (تفاعل 5).

كل هذه العوامل والتفاعلات مهمة في جاهزية المغذيات للنبات ومع هذا واعتماداً على الايون الغذائي المعين تكون بعض العمليات اهم من العمليات الاخرى. مثال ذلك ، العمليات المايكروبايولوجية اكثر اهمية في جاهزية النتروجين N والكبريت S من تفاعلات التبادل على الاسطح ، بينما العكس بالنسبة للكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسيوم Mg^{+2} والبوتاسيوم K^+ . هذه العمليات توصف بأنها عمليات كيموحيوية (كيميائية – حيوية) معقدة وسيتم تقديم وصف عام لها لما له علاقة بجاهزية الايونات الغذائية .

التبادل ألايوني في الترب:

التبادل للايونات الموجبة والسالبة في الترب يحدث على اسطح معادن الطين والمركبات المعدنية والمادة العضوية (OM) والجذور .

التبادل الايوني على اسطح دقائق التربة عملية متعاكسة تحدث بين الايونات الموجبة (الكاتيونات) والايونات السالبة (الانيونات) المدمصة على الأسطح مع ايونات موجبة او سالبة ذائبة في محلول التربة. التبادل للايونات الموجبة يعد اكثر اهمية لان السعة التبادلية للايونات الموجبة (السعة الكاتيونية CEC) اكثر بكثير من السعة التبادلية للايونات السالبة (AEC السعة الانيونية) واكثر انتشاراً في معظم الترب الزراعية.

عملية التبادل الايوني في الترب من العمليات المهمة والمؤثرة في جاهزية المغذيات ومسكها في الترب و لذلك من المهم معرفة وفهم اصل شحنات السطوح لمعادن التربة والمادة العضوية.

تبادل الايونات الموجبة

المواد الصلبة في الترب تشكل حوالي 50٪ من الحجم ويشغل الحجم الباقي بالماء والهواء . الحيز الصلب يشمل على المعادن غير العضوية (المعدنية) والمواد العضوية في درجات مختلفة من التحلل والتدبل . الجزء المعدني يتكون من الرمل والغرين (السلت) والطين. الجزء الطيني يتكون بشكل رئيسي من معادن الالمنيوم – السليكات المتكونة من السليكا (Si) التتراهيدرا والالمنيوم (Al) الاوكناهيدرا . تركيب السليكا تتراهيدرا عبارة عن ايون موجب للسليكون (Si^{+4}) مرتبط مع اربع ذرات اوكسجين سالبة (O^{-2}) . بينما الالمنيوم الاوكناهيدرا يتكون من الالمنيوم الموجب (Al^{+3}) المرتبط مع ست ذرات من الاوكسجين والهيدروكسيل (OH^{-}) . طبقات ا التتراهيدرا والاوكناهيدرا ترتبط مع بعضها مكونة معادن الالمينوم – السليكات او المعادن الطينية . معادن الطين تتواجد باشكال مختلفة 1:1 و 1:2 و 1:1:2

معدن الكاؤلينايت يمثل معادن 1:1ويتكون من طبقة من السليكا تتراهيدرا وطبقة من الاومينا اوكتا هيدرا .وطبقة من الالومنيا. أما معادن 1:2فتتكون من طبقتين من السليكاتتراهيدرا بينها طبقة من الالومينا اوكتاهيدرا . ومن الامثلة على معادن 1:2هي المايكا والمونتموريلونايت والفيرميكولايت .

الكلورايت عبارة عن معدن 1:1:2وهو معدن يتكون من طبقة هيدروكسيد الالمنيوم بين او داخل الطبقات في الترب الحامضية او هيدروكسيد المغنيسيوم في الترب القاعدية هذا اضافة الى تركيب 1:2المشار اليه آنفاً .

معادن الطين تظهر شحنات على السطح تكون سالبة في الترب ذات السعة التبادلية الموجبة (CEC) وتكون موجبة على الترب ذات سعة التبادل للايونات السالبة (AEC).

المصدر الرئيس للشحنات السالبة تظهر من الاستبدال التناظري او الاستبدال المتماثل او استبدال اما السليكون او الالمنيوم مع ايون ذو شحنة اقل. هذا الاستبدال او التعويض يسمى الاستبدال التناظري Isomorphic substitution ويحدث بشكل رئيس وواسع في معادن 1:2مع استبدال قليل جداً في معادن 1:1 علماً ان الاستبدال التناظري يحدث اثناء تكون هذه المعادن ولا يتأثر بالظروف البيئية القائمة .

في معدن المايكا فأن استبدال الالمنيوم الثلاثي Al^{+3} محل ايون سليكون رباعي Si^{+4} ينتج عنه فائض شحنة سالبة واحدة . في معدن المونتموريلونايت استبدال الحديد الثنائي Fe^{+2} او المغنيسيوم Mg^{+2} محل الالمنيوم الثلاثي ايضاً ينتج عنه شحنة سالبة فائضة.

موقع الاستبدال التناظري في الاوكتا او التتراهيدرا او كلاهما يؤثر بشكل خاص في معادن الطين ويضفي عليها صفات معينة لاسيما كمية الشحنات السالبة (–) وشحنة السطح او الـ

CEC. مثال ذلك ، الاستبدال التناظري في طبقة التتراهيدرا تضع الشحنات السالبة اقرب الى اسطح المعدن مقارنة بالاستبدال الذي يحدث في الاوكناهيدرا.

الشحنة السطحية السالبة العالية المرتبطة مع الترتيب والشكل الهندسي الفريد لطبقة التتراهيدرا تسمح لايون البوتاسيوم الموجب لمعادلة الشحنة السالبة بين طبقات 1:2وهو مايطلق عليه بعملية تثبيت البوتاسيوم

معدن المايكا يظهر مسافة اوطأ ويعد المعدن متهدم او منضغط على بعضه مع توفر كمية شحنات سالبة قليلة على السطح متوافرة لجذب الايونات الموجبة . ولذلك فان المايكا تمتلك CEC واطئة مقارنة بالمونتموريلونايت لان الاسطح الموجودة بين الطبقات غير معرضة للتفاعل .الشحنات السالبة المرتبطة بالاستبدال التناظري تتوزع بشكل متساو على السطح للمعدن الطيني وتعد شحنات دائمية ولا تتأثر بدرجة تفاعل المحلول(Solution pH) الأس الهيدروجيني للمحلول. كمية الشحنات السالبة (−) او الموجبة (+) الموجودة على حواف المعادن تعتمد على الأس الهيدروجيني للمحلول وهذه الشحنات الموجودة على الحواف تسمى بالشحنات المعتمدة على الأس الهيدروجيني . عندما يكون الاس الهيدروجيني (الـ pH) حامضي تشحن الحواف بالشحنات الموجبة لان ايونات الهيدروجين الفائضة ترتبط مع مجاميع (Al-OH). مع زيادة درجة التفاعل لمحلول التربة تتم معادلة ايونات الهيدروجين وتزداد نسبة الشحنات السالبة. زيادة الأس الهيدروجيني اعلي من التعادل (اعلى من 7) ينتج عنه إزاحة تامة لايونات الهيدروجين من Al-OH و Si-OH مما يزيد ويعظم من كمية الشحنات السالبة على الحواف. ومع هذا ، 5-10% فقط من الشحنات السالبة على معادن 1:2 تكون معتمدة على الـ pH بينما حوالي 50٪ من الشحنات التي تتطور على معادن 1:1 تكون من النوع المعتمد على الـ pH .

مصدر اخر للشحنات المعتمدة على الـ pH يرتبط بالمادة العضوية للتربة. معظم الشحنات السالبة تنشأ من تفكك او انفصال ذرات الهيدروجين من مجاميع حامض الكاربوكسيل والفينوليك لانه مع زيادة الـ pH معظم ايونات الهيدروجين تتعادل وتزداد الشحنات السالبة .

الحساب الكمي لسعة تبادل الايونات الموجبةCEC :

تعد سعة تبادل الايونات الموجبة (CEC)والتي هي محصلة سعة تبادل الايونات الموجبة للغرويات انفة الذكراحد الخواص الكيميائية الاكثر اهمية في التأثير في جاهزية العناصر المغذية وحفظها ومسكها في التربة.السعة التبادلية للايونات الموجبة (CEC) تمثل الكمية الكلية للشحنات السطحية السالبة على المعادن والمواد العضوية الجاهزة لجذب الايونات الموجبة من المحلول.يعبر عن الـ CEC بالملي مكافىء لكل 100 غرام تربة جافة بالفرن (meq/100 g soil) . وحدة الملي مكافئ استخدمت بدلاً من وحدة الكتلة لان السعة التبادلية للايونات الموجبة تمثل ملي مكافي / 100 غرام شحنة سالبة (-) وايضاً ملي مكافيء / 100 غم ايون موجب كلي ممتز على اسطح التبادل الـ CEC . ولاختلاف الايون الموجب المرتبط مع الـ CEC يفضل حساب الكمية الكلية او الشحنة الكلية المشتركة.

السعة التبادلية للايونات الموجبة تتأثر بطبيعة وكمية المعادن الطينية والمادة العضوية الموجودة في التربة (الجدول 1-2).

الترب التي تسود فيها معادن 2 : 1 لها CEC اعلى من الترب التي تسود فيها 1 : 1 والترب الحاوية على نسب عالية من الاطيان والمادة العضوية لها قيم CEC اعلى من الترب ذات المحتوى الاوطأ .

جدول 2-1 قيم CEC مثالية لترب ذات نسجات مختلفة مقارنةَ بالترب العضوية كما يأتي :

النسجة	CEC
الرمل (لون غامق)	10-20 ملي مكافيء / 100 غم
تربة مزيجة	10-15 ملي مكافيء / 100 غم

مزيجة غرينية	**25-15** ملي مكافيء / **100** غم
طينية ومزيجة طينية	**50-20**ملي مكافيء / **100** غم
الترب العضوية	**100-50** ملي مكافيء / **100** غم

ومما تجدر الاشارة اليه ان نوعية معادن الطين السائدة في الترب ونسبة المادة العضوية تؤدي دوراً مهماً في قيمة ال CEC

الكاؤولنايت	**2- 10**	ملي مكافيء / **100** غم
الكلورايت	**40**	ملي مكافيء / **100** غم
المونتمورلنايت	**100**	ملي مكافيء / **100** غم
المادة العضوية	**300–400**	ملي مكافيء / **100** غم

في التطبيق هناك مهارة عالية مطلوبة لتحديد الاطيان وبشكل كمي لذلك هذه التحاليل لا تنفذ بشكل روتيني والمثال السابق للأغراض التوضيحية.

المجتمع العلمي يستخدم الوحدات العالمية (SI) وهنا ملي مكافيء / 100 غم تربة تصبح في الوحدات العالمية سنتي مول شحنة. كغم$^{-1}$ تربة ($Cmol_{+}.kg^{-1}$ soil) والتحويل هنا 1 ملي مكافىء / 100 غم تربة = 1 سنتي مول شحنة. كغم$^{-1}$. تربة.

فيما عدا الالمنيوم فأن معظم الايونات الموجبة القابلة للتبادل هي مغذيات للنبات. في الترب الحامضية فأن الايونات الموجبة الاساسية هي Al^{+3} ، H^{+} ، Ca^{+2} ، Mg^{+2} و K^{+} . بينما في الترب القاعدية فأن الايونات الموجبة الاساسية هي Ca^{+2} ، Mg^{+2} ، K^{+} والصوديوم Na^{+} .

الايونات الموجبة تدمص على او تمسك على الـ CEC بقوى ادمصاص مختلفة تؤثر في سهولة ازاحة الايون الموجب وتبادله على الاسطح مع ايون موجب اخر .

لمعظم المعادن فأن قوى مسك الايونات الموجبة هي :

$$Al^{+3} > H^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^{+} = NH_4^{+} > Na^{+}$$

صفات الايون الموجب تقرر قوة الادمصاص او سهولة عكس الادمصاص وكما يأتي :

أولا – قوة الادمصاص تتناسب بشكل مباشر مع الايون الموجب اكبر شحنة تتناسب مع اكبر قوة ادمصاص . ايون الهيدروجين منفرد بسبب حجمه الصغير جداً وكثافة شحنته العالية ، لذلك قوة ادمصاصه بين الالمنيوم والكالسيوم (ايون الهيدروجين له خصوصية بتحوله الى ايون H_3O او ما يسمى بقفز الهيدروجين او الايون Ion jump .

ثانياً – حجم الغلاف المائي وقوة امتزازه على الايون الموجب ايضاً مهم في عملية التبادل ولذا يحسب قطر (نصف قطر) الايون مع الغلاف المائي. مع زيادة حجم الايون المتأدرت تزداد المسافة بين الايون وسطح الطين ولذا الايونات الموجبة ذات الغلاف المائي الكبير لا تستطيع الاقتراب الى اسطح التبادل كماهوالحال للايونات ذات الغلاف المائي الاصغر حجماً او الايون الاصغر حجماً مما ينجم عن ذلك انخفاض في قوة الادمصاص كماهوالحال بالنسبة للصوديوم .

تقدير CEC:

الطريقة التقليدية لقياس الـ CEC هو من خلال استخلاص عينة تربة مع 1 عياري من خلات الامونيوم المتعادل (NH_4OAC) . كل الايونات الموجبة المتبادلة تستبدل بالامونيوم والـ CEC تكون مشبعة بالامونيوم . بعد ذلك يتم استخلاص الامونيوم بملح او محلول ملحي مثل كلوريد الباريوم وهنا الباريوم Ba^{+2} سيحل محل الامونيوم ومن ثم وبعد اجراء عملية الترشيح سيحوي الراشح على الامونيوم الذي كان يشغل اسطح التبادل او ممدص على الـ CEC ولذلك فان قياس الامونيوم هنا هو قياس للسعة التبادلية للايونات الموجبة (CEC) .

التشبع القاعدي Base saturation (BS)

ان احدى صفات التربة المهمة والتي تعبر عن النسبة المئوية من السعة التبادلية للايونات الموجبة CEC المشغولة بالقواعد (الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم).لان النسبة المئوية للتشبع عبارة عن النسبة المئوية لمجموع القواعد نسبةً الى الـ CEC معبراَ عن الجميع بوحدات الملي مكافيء / 100 غم تربة.

جاهزية الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم للنباتات تزداد مع زيادة النسبة المئوية للتشبع القاعدي . مثال ذلك تربة ذات 80٪ تشبع قاعدي ستجهز ايونات موجبة للنباتات النامية بكمية اكبر بكثير من التربة نفسها مع تشبع قاعدي اقل وليكن 40٪.

نسبة التشبع القاعدي تزداد مع زيادة درجة تفاعل التربة (الاس الهيدروجيني للتربة Soil pH). في هذا المثال pH = 5.5 يساوي حوالي 50٪ نسبة تشبع قاعدي و pH = 7 يساوي 90٪ تشبع قاعدي .و مع ان شكل المنحني قد يختلف بشكل بسيط او قليل مع الترب المختلفة ، الا أن العلاقة يمكن ان تكون مفيدة ومساعدة في تقييم متطلبات الكلس للترب الحامضية .

زيادة الـ pH له تأثير اكبر في زيادة الـ CEC في الجزء العضوي من التربة مقارنة بالاجزاء المعدنية . لذلك ، تأثير الـ pH في الـ CEC يكون اعظم في الترب عالية المحتوى من المادة العضوية.

التبادل للايونات السالبة (التبادل الانيوني Anion Exchange)

الايونات السالبة تمتز على مواقع الشحنات الموجبة على اسطح معادن الطين والمادة العضوية ، الايونات الموجبة المسؤولة عن الامدصاص للايونات السالبة والتبادل تحدث على حواف المعادن والمادة العضوية . التبادل للايونات السالبة يمكن ان يحدث ايضاً مع مجاميع الهايدروكسيل (OH^-) على اسطح الهايدروكسيل للكاؤولينايت . ازالة او نزع ايونات الهايدروكسيل من اوكسيدات الحديد والالمنيوم المائية يعد ميكانيكية مهمة للتبادل للايونات السالبة لاسيما في الترب عالية التجوية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية .

سعة التبادل للايونات السالبة AEC تزداد مع نقصان الاس الهيدروجيني (pH) وهي عالية في الترب الحامضية الحاوية على معادن طين 1:1 والتي تحوي اكاسيد الحديد والالمنيوم مماهو عليه في الاطيان التي تسود فيها معادن 1:2 لذلك فان المعادن الطينية المونتمورلنايتية تملك سعة تبادل للايونات السالبة اقل من 5 ملي مكافيء لكل 100 غم تربة ، بينما الكاؤولينايت يمكن ان يملك سعة تبادل للايونات السالبة تصل الى 40 ملي مكافيء / 100 غم تربة عند pH = 4.7 .

الايونات السالبة مثل الكلوريد Cl^- والنترات NO_3^- يمكن ان تدمص مع انه ليس درجة ادمصاص الاورثوفوسفات $H_2PO_4^-$ او الكبريتات SO_4^{-2} نفسها . ولذلك قوة الادمصاص للايونات السالبة يمكن ان تترتب كالتالي :

$$Cl^- < NO_3^- < SO_4^{-2} < H_2PO_4^-$$

في معظم الترب فأن ايون الاورثوفوسفات $H_2PO_4^-$ هوالايون السالب الرئيس المدمص مع ان بعض الترب الحامضية يمكن ان تدمص الكبريتات بكميات مهمة نوعاً ما.

ميكانيكية ادمصاص الاورثوفوسفات في الترب اكثر تعقيداً من التجاذب الالكتروستاتيكي البسيط والذي يحدث مع الكبريتات والنترات والكلورايد . اذ ان الاورثوفوسفات يمكن ان يدمص من قبل معادن اكاسيد الحديد و / الالمنيوم خلال تفاعلات تنتج عن روابط كيميائية غير الكتروستاتيكية ولهذا يفضل اطلاق التعبير امتزاز Sorption على تفاعلات الاورثوفوسفات ليكون مصطلح اعم من ادمصاص Adsorption.

السعة التنظيمية (السعة البفرية Buffering Capacity)

جاهزية العناصر المغذية للنبات تعتمد على تركيز العناصر المغذية في المحلول ولكن بشكل اهم على السعة التنظيمية او البفرية للتربة التي تحافظ على التركيز. السعة البفرية (BC) تمثل قابلية التربة على اعادة تجهيز الايون المعين الى محلول التربة . وهذه السعة تشترك بها كل مكونات التربة الصلبة التي تتواجد عليها الايونات الموجبة والسالبة ممدصة على مواقع التبادل والمادة العضوية .

مثال على ذلك ، عندما يتم معادلة الهيدروجين H^+ بالتربة باضافة الكلس فأن الهيدروجين سيتحرر نتيجة لعملية عكس الادمصاص من مواقع التبادل . لذلك فأن درجة تفاعل المحلول (pH) سيتم تنظيمه بعملية تبادل الهيدروجين وسوف لا يتأثر الـ pH بشكل واضح الا بعد معادلة كمية مهمة من ايونات الهيدروجين المتبادلة. بطريقة مشابهة عند امتصاص جذور النباتات او ازالة ايون البوتاسيوم K^+ من المحلول فأن البوتاسيوم المتبادل على الاسطح سيتحرر بعملية عكس الادمصاص لاعادة تجهيز البوتاسيوم الى محلول التربة. وفي بعض الايونات كألاورثوفوسفات فأن بعض معادن الفسفور الصلبة تذاب وتتفكك لاعادة تجهيز وتنظيم تركيز $H_2PO_4^-$ في محلول التربة.

السعة التنظيمية للتربة BC يمكن ان توصف من خلال النسبة بين الكمية الممتزة (ΔQ) والايونات في المحلول (ΔI) (او ما يطلق عليها بنسبة السعة / الشدة).. وبما ان الـ CEC تزداد بزيادة المحتوى الطيني فالترب ناعمة النسجة ستظهر سعة بفرية وتنظيمية اعلى من الترب خشنة النسجة. فاذا قل البوتاسيوم المتبادل مثلاً نتيجة لامتصاص جذور النباتات فأن سعة وقابلية التربة على تنظيم البوتاسيوم ستحدد من مدى قابلية التربة على التجهيز . ولذلك هناك احتمالية ان يصبح العنصر المغذي المعين وهنا البوتاسيوم في حالة نقص مما يتطلب اضافة السماد الحاوي على البوتاسيوم لزيادة البوتاسيوم المتبادل وتصحيح النقص في البوتاسيوم لاسيما في الترب ذات السعة التنظيمية الواطئة.

اما اضافة السماد الفوسفاتي فسيؤدي الى زيادة في الجزء الذائب والممدص وقسم منه سيترسب بشكل معادن او مركبات فسفور صلبة تسهم او تشارك مع السعة التنظيمية للفسفور في التربة.

لذلك فأن السعة التنظيمية (BC) هي صفة مهمة من صفات التربة تؤثر بشكل معنوي ومهم في جاهزية العناصر المغذية.

السعة التنظيمية للايونات الموجبة للجذور Root CEC

جذور النباتات تبدي او تملك سعة تبادلية موجبة بالمدى 10–30 ملي مكافيء / 100 غم جذور في احادية الفلقة (الحشائش) 40-100 ملي مكافئ /100غم جذور في ثنائية الفلقة (البقوليات) . صفة التبادل للجذور تعزى بشكل رئيس الى مجاميع الكاربوكسيل (COOH) ويشكل مشابهه لمواقع التبادل على الدبال ، وتشكل حوالي 70-90٪ من السعة التبادلية للايونات الموجبة للجذور.البقوليات (المحاصيل البقولية) وانواع النباتات الاخرى التي تملك سعة تبادل للايونات الموجبة للجذور عالية وتكون اكثر ميلاً الى امتصاص الايونات الثنائية بشكل اكثر تفضيلاً من الايونات الاحادية ، بينما العكس مع الحشائش . لذلك هذه الصفة تفسر سبب مقاومة الحشائش لنقص البوتاسيوم (في ترب واطئة المحتوى من K) مقارنة بالبقوليات في حقل مزروع من خليط من الحشائش والبقوليات لان الحشائش لها كفاءة او مقدرة امتصاص للبوتاسيوم اعلى من البقوليات .

تحولات العناصر المغذية في التربة والعوامل المؤثرة فيها:

من المعروف إن هناك تحولات تحدث للعنصر المغذي الموجود أصلا في التربة او المضاف إليها وهناك عدد من عوامل التربة التي تؤثر في هذه التحولات وكما مبين أدناه:

- تهوية التربة: وهي العملية التي يتم من خلالها تجديد وتبادل الغازات في التربة .وتتوقف سرعة التهوية على حجم المسام وعدد المسام ومدى استمرارية المسام في مقد التربة او بتعبير اعم على بناء التربة وفلحيتها وعلى المحتوى الرطوبي للتربة.والتأثير الرئيس لتهوية التربة يكمن في التحولات البيوكيمياوية او الكيموحيوية للعناصر المغذية (النتروجين والفسفور والمنغنيز والحديد).

-النتروجين :عملية النترجة:تتأثر هذه العملية سلباً بنقص الأوكسجين (في الظروف غير الهوائية الغدقة) بدرجة كبيرة لأن الاحياء التي تقوم بها احياء هوائية اجبارياً.

- عملية عكس النترجة: تزداد بشكل كبير في في الظروف غير الهوائية لأن الاحياء التي تقوم بها احياء غيرهوائية اجبارياً.

- رطوبة التربة: تتداخل مع تهوية التربة وهنا سنرد بعض الامثلة:

الفسفور : اذ ان الفسفور في الظروف الغدقة او ظروف ترب الرز تتحول فوسفات الحديديك الى الحديدوز وتصبح الفوسفات اكثر جاهزية للامتصاص.هذا اضافةَ الى ذوبانية بعض المركبات والاسمدة الفوسفاتية بالماء.

الكبريت: تتكون الكبريتات(المهمة في تغذية النباتات) تحت الظروف الهوائية وكبريتيد الهيدروجين(الذي يفقد بثكل غازات ويعطي رائحة كريهة) تحت الظروف غير الهوائية.

المنغنيز والحديد:تحت ظروف الاختزال تزداد ذوباتيهما وجاهزيتيهما الى درجة تصل الى السمية للنباتات احياناً مثل نبات الرز.

الماء وامتصاص العناصر المغذية :تنتقل العناصر المغذية من اماكن تواجدها في التربة الى اسطح جذور النباتات اما عن طريق الجريان الكتلي او الانتشار او التبادل بالتماس مع الجذور او من خلال الميكانيكيات الثلاث.هذه الميكانيكيات للانتقال جميعها تعتمد على مدى توفر الماء والرطوبة المناسبة ، هذا فضلاً عن ان امتصاص العناصر المغذية يكون افضل مع توافر الرطوبة المناسبة.

الماء والتهوية يؤثران في نموالنباتات والاحياء المجهرية المسؤلة عن التحولات ومن ثم تتأثر جاهزية العناصر المغذية وامتصاصها بواسطة جذور النباتات .

وبشكل عام تهوية جيدة -->نمو جذور جيد --->امتصاص جيد لاسيما للعناصر غير المتحركة كالفسفور.

تهوية جيدة------>تحلل جيد للمواد العضوية ------> توافر عناصر مغذية.

تهوية جيدة------>اكسدة الكبريت------> توافر الكبريتات

تهوية جيدة------>اكسدة الامونيوم ------> توافر النترات

تهوية جيدة------>اكسدة الحديد والمنغنيز ------>نقص في الذائب والجاهزية.

تهوية رديئة----->توقف نموالجذور ------>امتصاص ردئ او معدوم

تهوية رديئة----->تحول النترات الى غازات

تهوية رديئة----->فقدان النترات عن طريق الغسل

تهوية رديئة----->تحول الكبريت الى كبريتيد وفقدانه

تهوية رديئة----->زيادة في الحديد والمنغنيز الذائبين

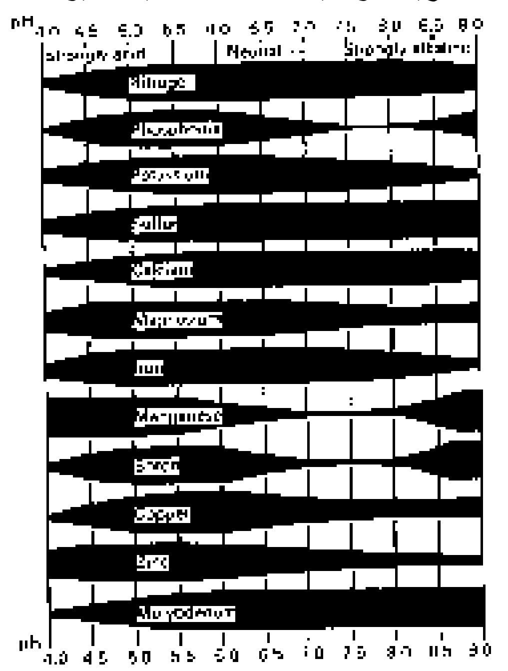
تهوية رديئة--->نمو او توقف للاحياء المجهرية الهوائية الاجبارية ومن ثم توقف العمليات التي تقوم بها كالنترجة واكسدة الكبريت.

تهوية رديئة----->مركبات هيدروكاربونية سامة(مثل الاحماض العضوية-حامض الخليك والماليك ....الخ)

- درجة تفاعل التربة (Soil pH): درجة تفاعل التربة تؤثر في نشاط وفعالية احياء التربة المجهرية وجاهزية العناصر المغذية وذوبانيتها وتؤثر في جهد الاكسدة والاختزال pe.ومن العمليات المهمة في التربة والتي تتأثر بدرجة تفاعل التربة هي عملية التطاير والتي يفقد بها النتروجين على هيئة غاز الامونيا

وهناك علاقة بين درجة التفاعل وجاهزية العناصر المغذية (شكل 2-2)اذ ان معظم العناصر المغذية تكون جاهزة عند درجة تفاعل 6.0-7.0 عدا المولبدنم الذي تزداد جاهزيته في درجة تفاعل اعلى من 7.0.الفسفور تزداد ذوبانيته في درجة تفاعل 6.8 كما تتأثر صيغ الفسفور في التربة بدرجة التفاعل.اذ ان النسبة بين $H_2PO_4^{-1}$ و HPO_4^{-2} تساوي واحد عند درجة تفاعل 7.22 والزيادة عن هذا الرقم يؤدي الى زيادة HPO_4^{-2} (كما هوالحال في ظروف الترب العراقية) والعكس صحيح.امتصاص الفسفور يكون افضل مع$H_2PO_4^{-1}$.وبالمثل فأن الامونيوم يمتص بشكل افضل في الظروف القاعدية مثل ترب العراق في حين النترات تمتص بشكل اقضل في الترب الحامضية مثل الترب الاوربيةلذا يفضل في العراق التسميد بالاسمدة الامونياكيةمثل اليوريا.

- معادن الكاربونات: وهذه تؤثر بالجاهزية من خلال التأثير في درجة التفاعل وحجز الفسفور وتقليل جاهزيته وتقليل السعة التبادلية للايونات الموجبة.



النتروجين Nitrogen

دورة النتروجين

النتروجين (N) العنصر الغذائي الذي يتكرر نقصانه في معظم الانظمة الزراعية غير البقولية. وهناك عدد من المصادر العضوية وغير العضوية (المعدنية) لتجهيز هذا العنصر للمحاصيل على الرغم من إن كمية العنصر المثبتة بالمحاصيل البقولية ممكن أن تكون كافية لنموها.

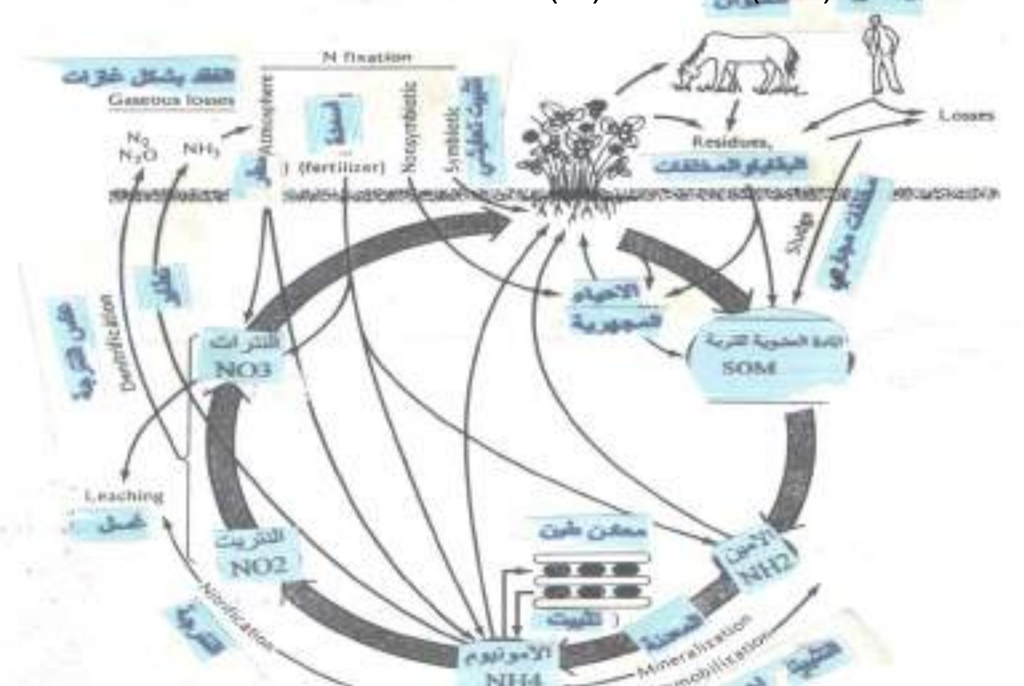
إن فهم جيد لكيمياء حيوية النتروجين في التربة أساسي لتعظيم الإنتاجية وتقليل التأثيرات السلبية في البيئة التي ترافق إضافة الأسمدة النتروجينية.

المصدر الرئيس لكل النتروجين المستعمل من قبل النبات هو النتروجين الجوي (N_2) والذي يشكل 78 % من الهواء الجوي ومع هذا ولسوء الحظ لاتستطيع النباتات الراقية الاستفادة وتمثيل هذا النتروجين الا بعد تحوله الى صيغ جاهزة للنبات من خلال :

- الإحياء المجهرية التي تعيش بشكل تعايشي على جذور البقوليات (Symbiotic)
- الإحياء المجهرية التي تعيش بشكل حر وغير تعايشي
- التفريغ الكهربائي للنتروجين من الهواء الجوي وتكوين اكاسيد النتروجين (N_2O_5,N_2O,NO_2,NO)
- تصنيع الأسمدة النتروجينية التركيبية.

الاحتياطي الكبير للنتروجين الجوي يتوازن مع كل الأشكال المثبتة للنتروجين في التربة والإحياء الحية والميتة.

دورة وتحولات النتروجين في نظام تربة – نبات- محيط جوي يشمل على عدد من التحولات بين الأشكال العضوية وغير العضوية (الشكل 3-1).إذ أن دورة النتروجين يمكن تقسيمها إلى مدخلات(كسب) ومخرجات (فقد).



الشكل 3-1 دورة النتروجين

فعاليات وصور النتروجين في النبات:

الأشكال : تحوي النباتات على 2-5% نتروجين على أساس الوزن وتمتص النتروجين على صورة النترات (NO_3) والامونيوم (NH_4).كلا الصورتين تتحرك الى جذور النباتات من خلال ميكانيكيتي الجريان الكتلي Mass flow والانتشار Diffusion .النترات الممتصة يجب ان تختزل الى امونيا من اجل التحول الى الأحماض الامينية وبعد ذلك الى البروتينات وهذة العملية تحتاج الى طاقة والى إنزيم نايتريت ردكتيز Nitrate reductase اما الامونيوم فانه يمثل مباشرةَ.ومن المفضل تجهيز النباتات بالصورتين اذا توافر ذلك.

دورة النتروجين في النبات:

النترات والامونيوم الممتصان تتحولان إلى الأحماض الامينية والأخيرة تتحول إلى البروتين الذي يشكل هيكل التراكيب التي تحدث فيها معظم التفاعلات الحيوية.النتروجين جزء مكمل للكلوروفيل الذي يوفر الطاقة الكيميائية المطلوبة في البناء الضوئي والتنفس وغيرها من العمليات المهمة في ايض النبات.

ومع هذا فأن زيادة النتروجين على حساب العناصر المغذية الأخرى (الفسفور والبوتاسيوم والكبريت) ممكن أن يؤخر النضج للمحصول وممكن أن يؤدي إلى الإصابة ببعض الأمراض.لاسيما اذا ما كانت هناك زيادة من النتروجين على حساب البوتاسيوم فأن ذلك يؤدي إلى تكوين سيقان عصارية معرضة للإضطجاع والإصابة بألا مراض والحشرات ، وهنا تأتي أهمية الإدارة السليمة لإضافة الأسمدة.

علامات النقص المرئية:

عندما يعاني التبات من نقص في النتروجين تظهر الأوراق صفراء وهذا الاصفرار سظهر على الاوراق السفلى اولاَ الا انه تحت النقص الشديد تتحول الأوراق السفلى الى بنية اللون وتموت ويكون الاصفرار تام.النقص في معظم النباتات يبدأ في نهايات الأوراق ويتقدم نحوالعرق الوسطي مكوناَ ما يشبه الحرف v بالانكليزية (الصور3-1) ادناه:





صورة 3-1 نقص النتروجين على الذرة الصفراء

تحولات النتروجين في التربة

النتروجين في التربة يتواجد بصورة رئيسة على شكل نتروجين عضوي(90-95 %)والمتيقي يكون على شكل غيرعضوي(معدني).النبات لايستفيد من النتروجين العضوي الى بعد تحوله الى المعدني بعملية تسمى المعدنة.جزء بسيط من النتروجين العضوي تتم معدنته سنوياً وبنسبة 1-5 % من النتروجين العضوي الموجود.

معدنة النتروجين

تحول النتروجين من الشكل العضوي الى الاشكال المعدنية او بتعبير اخر الى الاشكال الجاهزة للا متصاص من النبات ، وهي تشمل على عدد من الخطوات كما يأتي:

H2O NH₂ NH₂

$$\text{Protein} \xrightarrow[\text{بكتريا وطحالب وفطريات}]{H_2O} \text{R-C}(NH_2)(H)\text{-COOH} + \text{R-}NH_2 + \text{C=O} + CO_2 + \text{طاقة}$$

H NH₂

$$NH_2 \text{------------>} NH_3 + \text{R-OH} + \text{ENERGY}$$

+H2O H4+OH

وتشترك في هذه العمليات عدد كبير من الأحياء المجهرية المتواجدة في التربة والتي تتطلب ظروف جيدة ومغذيات للقيام بعملها.

الامونيوم الناتج من هذه العملية يتعرض الى:

- ممكن ان يتحول الى النتريتNO_2^{-1} والنتراتNO_3^{-1} بعملية تسمى النترجة Nitrification
- يمتص بشكل مباشر من النبات Uptake
- يثبت في أجسام الأحياء المتعددة التغذية بعملية تسمى التثبيت Immobilization
- يثبت داخل طبقات معادن الطين بعملية تسمى تثبيت الامونيوم Fixation
- يتحول الامونيوم إلى آمونيا بعملية تسمى التطاير Volatilization
- يمتز على سطوح الطين والمادة العضوية.

تحولات النتروجين في التربة تتأثر بالمحتوى الرطوبي والحرارة للتربة وعدد من العوامل الاخرى لأنها عمليات كيموحيوية تتم بوساطة الأحياء المجهرية.

النترجة Nitrification:

اكسدة الامونيوم الى النتريت والنترات وكما يأتي:

احياء ذاتية التغذية

(نيتروزوموناس)

Nitrosomonas

$$NH_4+3O2\text{------------------------}> \; 2NO_2^{-1} + 2H_2O+4H^+$$

نيتروباكتر

Nirtobacter

$$NO_2+O_2\text{-------------------------}> 2NO_3^-$$

$$2NH_4+4O_2\text{---------------------}> 2NO_3^-+2H_2O+4H^+$$

النتروزوموناس والنتروباكتر بكتريا ذاتية التغذية تحصل على طاقتها من اكسدة النتروجين وتحصل على الكاربون من ثنائي اوكسيد الكاربون.وهي بكتريا هوائية اجارياً لذا تتطلب العملية توافر مستوى جيد من الاوكسجين.

وباختصار فان عملية المعدنة عبارة عن عمليتي النشدرة والنترجة:

NO_3^- <---------- NO_2^- <------------- NH_4^+<--------النتروجين العضوي

------------------ النترجة --------- ------النشدرة----

---------------------- المعدنة ------------------------

غسل النترات :

النترات ذائبة بالماء ولاتمسك من قبل مكونات التربة وهي عالية الحركة في التربة ولذلك فهي عرضة للفقدان بالغسل تحت المناخات الرطبة وغزارة هطول الأمطار والزراعة المروية لاسيما عندما تكون ظروف التربة الفيزيائية تسمح بذلك.هذا الفقدان مهم من الناحية الاقتصادية والبيئية ويجب السيطرة عليه قدر الإمكان. وللتقليل من هذا الفقدان يمكن استعمال أسمدة نتروجيتية بطيئة التحرر مثل سماد اليوريا المغلفة بالكبريت

.(Sulfur Coated Urea" SCU")

استعمال مثبطات النترجة:

مثل البيرميدين او مايسمى بخادم او حافظ النتروجين N- Serve.

الإضافات المتكررة للنتروجين(تجزئة الإضافة الى دفعات):وهو ما يسمى بإضافة السماد بشكل يتماشى مع المتطلبات.

فقدان النتروجين بشكل غازات:

التطاير Volatilization:

عملية تحول الامونيوم الى امونيا من خلال الاتي:

$$NH_4 \Longleftarrow\Longrightarrow NH_3 + H^+$$

العامل الرئيس المؤثر هنا هو درجة تفاعل التربة ال pH والعملية تحدث في الترب القاعدية والترب الكلسية (او بشكل عام عندما يكون pH التربة اعلى من 7.5.

ومن العوامل الاخرى المؤثرة هي درجة الحرارة والحراثة والغطاء الخضري والرطوبة. ومن اهم العمليات للتقليل من هذا الفقد هوالاضافة الموضعية للسماد النتروجيني أي التلقيم والري بعد الاصافة مباشرةً ومحاولة استعمال الاسمدة المولدة للحموضة قدر الامكان واستتعمال مثبطات انزيم اليوريز .ومن الامثلة على التطاير:

$(NH_4)_2SO_4+CaCO_3$---------> $2NH_3 + CO_2+H_2O+CaSO_4$

$(NH_4)_2CO_3 + H_2O$ ---------> $NH_3 + CO_2 + H_2O$

عكس النترجة Denitrification:

عملية اختزار النترات او تحول النترات من الشكل الذائب بالماء الى غازات النتروجين تحت الظروف غير الهوائية وبمساعدة بكتريا غير هوائية اجبارياً هي Denitrifying bacteria ، ومنها Pseudomonas

NO_3^- --------- > NO_2^- ---------> NO ---------> N_2O --------->

N_2

وهذه العملية مهمة من الناحية البيئية والاقتصادية لأن التنروجين المفقود بشكل غازات يؤثر في طبقة الاوزون.

تثبيت النتروجين الجوي:Nitrogen Fixation

النتروجين الجوي لا تستفيد منه النباتات الا اما من خلال التثبيت من خلال البرق(كسر الاصرة الثلاثية او التثبيت من قبل الأحياء المجهرية.والتثبيت من قبل الأحياء المجهرية يتم اما بشكل تعايشي او حر.

التثبيت ألتعايشي للنتروجين الجوي:symbiotic N fixation

وهذا التثبيت يحدث نتيجة معايشة تعاونية بين الاحياء المجهرية والمحاصيل البقولية.وتتم العملية بعد مهاجمة نوع من البكتريا تسمى رايزوبيا لجذور البقوليات وتكوين مايسمى بالعقدة الجذرية وهذة البكتريا تحول النتروجين الجوي الى امونيوم في داخل العقدة الجذرية وهنا يحدث عملية تعايش او تبادل منفعة بين البقول والبكتريا.وهناك بكتريا متخصصة لكل مصول بقولي .البكتريا تقوم بالتثبيت بأستعمال انزيم النتروجنيز وال ATP وهذه الطاقة مهمة لعملية التثبيت.ومن العوامل المهمة والمؤثرة في عملية التثبيت ال pH ومستوى العناصر المغذية وهنا المغنيسيوم والفسفور والمولبدنم والكوبلت والحديد والبورون والنحاس(او بيعبير اخر كل العناصر المغذية تكون مهمة لعملية تثبيت النتروجين من قبل احياء التربة).وعملية التثبيت هذة تجعل من محاصيل البقول مهمة جداَ ويجب ان لاتهمل في الدورات الزراعية للمحافظة على خصوبة التربة وتقليل التلوث البيئي الناجم عن اضافة الاسمدة المعدنية.ولذلك تركز منظمة الغذاء والزراعة الدولية FAO على هذا الموضوع لأهميته البيئية.

معظم انواع الرايزوبيا متوافرة في الترب والبيئة العراقية وفي حالة عدم توافرها يجب استعمال اللقاح المنا سب (الذي يجدد كل ثلاث سنوات) كما هوالحال مع بكتريا الرايزوبيا المتخصصة على فول الصويا.

والجدول 3-1 التالي يبين الكميات من النتروجين التي من الممكن ان تثبت من قبل هذه الاحياء وهذه الكميات تختلف حسب المناخات المختلفة وهنا للمناطق المعتدلة:

جدول 3-1 كميات النتروجين التي تثبت بواسطة عدد من المحاصيل البقولية

المحصول البقولي	كمية النتروجين المثبتة كغم هكتار-1 سنة-1	
	المدى	المثالي
الجت	360-61	240
الفاصولياء	97-24	48
الحمص	121-24	61
البرسيم	360-61	182
العدس	157-48	73
فستق الحقل	240-24	97
البزاليا	218-36	85
فول الصويا	315-48	121

مصادر النتروجين السمادية:

العضوية:وتشمل مخلفات الاغنام والخيول والابقار والمجازر ومصانع الاغذية وبقايا النباتات في الحقل والاسمدة الخضراء.

الاسمدة النتروجينبة الطبيعية:املاح نترات الصوديوم والكالسيوم والغنيسيوم

الاسمدة الصناعية:وتشمل الاسمدة المعدنية المصنغة بشكل عام (جدول 3-2)

جدول 3-2 :بعض الاسمدة النتروجيتية ا لشائعة الاستعمال

المصدر	%						
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	S	Cl	الحالة الفيزيائية
الامونيا غير المائية	82						غاز
الامونيا المائية	25-20						سائل
كبريتات الامونيوم	21				24		صلب
فوسفات أحادي الامونيوم	11	55-48		2.0	3-1		صلب
فوسفات ثنائي الامونيوم	21-18	54-46					صلب
كلوريد الامونيوم	25					66	صلب
اليوريا	46						صلب
اليوريا فوسفات	17	44-43					صلب
اليوريا كبريتات	30-40						صلب
نترات الكالسيوم	15			34			صلب
نترات البوتاسيوم	13		44	0.5	0.2	1.2	صلب

حالياَ وفي العديد من المراجع العلمية يعبر عن محتوى الأسمدة من البوتاسيوم بصيغة K وعن محتواها من الفسفور P إما النتروجين فيعبر عن محتواه كما هو معتاد بصيغة N.ولتحويل القيم من صيغة لأخرى نتبع ما يأتي:

$$P_2O_5 \times 0.43 = P$$
$$P \times 2.29 = P_2O_5$$
$$K_2O \times 0.83 = K$$
$$K \times 1.2 = K_2O$$

تعد الامونيا الحجر الاساس لمعظم الاسمدة النتروجينية المصنعة او المشتقة كيميائياَ.ان معظم الامونيا تنتج من تفاعل غاز النتروجين وغاز الهيدروجين وكما يأتي :

عوامل مساعدة

$$3NH_2 + N_2 \text{---------------- ------------}> 2NH_3$$

درجة حرارة عالية وضغط عالٍ

النتروجين يحصل عليه من امرار الهواء الجوي في فرن التسخين والهيدروجين بالاساس طبيعي وجزء منه من غازات الفرن الغنية بالميثان وغاز الميثان يحوي 50 % هيدروجين.غازات النتروجين والهيدروجين النقية(بنسبة حجم نتروجين الى ثلاث حجوم هيدروجين) تضغط بالتدريج تحت ضغط عالٍ وتوضع في المرمدة بوجود المادة المساعدة .

الحرارة المستعملة من 500 – 1200 درجة مئوية والضغط بحدود 500 ضغط جوي(50000 كيلو باسكال) وبوجود الحديد عاملاً مساعداً .(1 ضغط جوي=1 بار = 100 كيلو باسكال).

الامونيا المصنعة تستعمل في انتاج املاح الامونيوم وحامض النتريك .حامض النتريك الذي يعد الاساس في صناعة اسمدة النترات يصنع من اكسدة الامونيا مع الاوكسجين وكما في التفاعلات الاتية:

$$4NH_3+5O_2 \text{-------------} > 4NO+6H_2O$$
$$2NO+ O_2\text{------------} > 2NO_2$$
$$2NO_2+H_2O < \text{========}> HNO_3+HNO_2$$

الامونيا غير المائية:

وهي اسمدة عالية المحتوى من النتروجين (82 % N) وتعد من اكثر الاسمدة استخداماً في الدول المتقدمة لاسيما في اميركا الا انها تحتاج الى معدات خاصة لاضافتها لانها بشكل غاز وتفقد مباشرةَ اذا ماضيفت الى سطح التربة .لذا الطريقة السليمة لإضافتها هي الحقن تحت سطح التربة بمسافة 7.5-20 سم وإضافة الماء بعد ذلك.وهذه الإضافة تحتاج الى حاقنات خاصة والى خبرة في الاضافة. هذا فضلا عن ان عملية نقل الامونيا اللامائية يتطلب عربات حوضية خاصة لنقل الامونيا تحت33 درجة مئوية تحت الصفر ،ولهذا فأن استخدام هذه الاسمدة محدود في الدول النامية.

الامونيا المائية(المسيلة):

يتم تحضيرها من ادخال غاز الامونيا بقوة الى الماء وهي اسهل بالنقل والاضافة الا انها تضاف حقناً لعمق 5-10 سم.

اليوريا :

من اهم الاسمدة النتروجينة وتحوي (46 % N) ولذا تعد الاعلى في المحتوى من النتروجين بين الاسمدة النتروجينة الصلبة.تحضر من الامونيا او النتروجين الجوي وثنائي اوكسيد الكاربون كما يأتي:

$CO_2 + 2\ NH_4$------------>$CO\ (NH_2)2 + H_2O$

واليوريا ذات تفاعل قاعدي في البداية الا انها في النهاية ذات تأثير حامضي بعد حدوث عملية النترجة وتحول الامونيوم الى النترات. وتعد اليوريا من الاسمدة المفضلة لدى المزارعين واثبتت نجاحها وتفوقها في ترب العراق حتى على بعض الاسمدة المنتجة للحموضة مثل كبريتات الامونيوم .وهناك نوع من اليوريا مغلفة بالكبريت للتقليل من سرعة التحلل بعد اضافة اليوريا الى التربة تتحول اليوريا الى الامونيوم بمساعدة انزيم اليوريز (وهو انزيم موجود في معظم الترب ولا توجد حاجة لاضافته)،لأن اليوريا بالأصل سماد عضوي بعد التحلل تسلك اليوريا سلوك الامونيوم .اليوريا من الاسمدة المعرضة للفقد بالتطاير .وللتقليل من الفقد تضاف اليوريا بشكل حزم(تلقيم) ويضاف الماء(الري) بعد التسميد .كما يمكن تقليل الفقد باستعمال مثبطات اليوريز الذي يؤخر من تحلل اليوريا ويقلل من التطاير.وهنا الجدوى الاقتصادية يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار.وهناك مادة سامة تسمى البايريت تتكون مع اليوريا اثناء التصنيع وهذه المادة يجب الا تتجاوز نسبتها 1 % في اليوريا .وتعد صناعة اليوريا في العراق متطورة وهناك مصنع في البصرة ومصنع في بيجي وذات مواصفات ممتازة.ويتكون البايريت من اتحاد جزيئتين من اليوريا اثناء التصنيع كما يأتي:

$CO(NH_2)_2 + CO(NH_2)_2$ ------------> $NH_2\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CO\text{-}NH_2 + NH_3$

كبريتات الامونيوم (سلفات الامونيوم): Ammonium sulfate

$NH_3 + H_2SO_4$ -------------> $(NH_4)_2SO_4$

سماد يحوي 20.5-21 %نتروجين وينتج من معادلة حامض الكبريتيك مع الامونيا كما في المعادلة الاتية :

$$H_2SO_4 + NH_3 ========> (NH_4)_2SO_4$$

وتفصل بالطرد المركزي وتجفف واحياناًممكن تعويض حامض الكبريتيك بالجبس. وهو من الاسمدة المولدة للحموضة وقليل التعرض للفقدان بالتطاير.وهذا السماد له صفات فيزيائية جيدة اذ انه لايتكتل في الخزن ويكمن استعمال الباذرة المسمدة بكفاءة في اضافته لا سيما وان امتصاصه للرطوبة واطئ.

تفاعل كبريتات الامونيوم في التربة :

الاكسدة البايولوجية:

$$(NH_4)_2SO_4 + 4\,O_2 ===== HNO_3 + H_2SO_4$$

هذه الحوامض تتعادل في التربة بدخولها بتفاعلات مع البيكاربونات في محلول التربة والايونات الموجبة في معقد الامتزاز والتي تنتهي بانخفاض pH التربة .وعموماَ النباتات تاخذ الامونيوم بكميات اكبر واسرع من الايونات السالبة ومن ثم تزداد الحامضية.

نترات الامونيوم

$$HNO_3 + NH_3 -------------> NH_4NO_3$$

سماد سهل الذوبان بالماء وجاهزية عالية للنبات وهو ملائم لمعظم المحاصيل.

نترات الكالسيوم :

$$HNO_3 + CaCO_3 -------------> Ca(NO_3)2 + CO_2 + H_2O$$

وهو سماد ممتاز الا انه ذا تأثير متعادل الى قاعدي.وبشكل عام اسمدة النترات وعلى الرغم من كونها اسمدة جيدة المواصفات الا انها محدودة الاستعمال وحرمة الاستعمال في بعض الدول لأن النترات تدخل قي صناعة البارود(الأسلحة) وهتاك متطلبات خاصة للنقل والخزن خوفاً من الانفجار.

تأثيرات عامة للاسمدة النتروجينية ممكن ان تشمل :

- تغيرات محتملة في درجة تفاعل التربة
- زيادة الفعالية الحيوية
- تأثيرات ملحية عند الاضافة بمستويات عالية(للاسمدة عالية الدليل الملحي على الرغم من ان التأثير في الترب المتأثرة بالأملاح غير مهم).
- بعض التأثيرات السمية للامونيا النتجة من بعض الاسمدة الامونياكية لاسيما التأثير في البادرات.

اسئلة عامة:

- صف اهم ادوار النتروجين في النبات؟

- ماهي الاحياء المجهرية المختلفة المسؤولة عن تثبيت النتروجين؟
- عرف عمليتي النشدرة والنترجة؟
- ماهي اهم الاسمدة النتروجينية وما هوالمصدر الاهم في الاستعمال ولماذا؟
- ماهي اهم الوسائل الادارية لتقليل فقدان اليوريا بالتطاير؟

الفسفور Phosphorus (P)

يطلق على الفسفور مفتاح الحياة لدوره المباشر في معظم العمليات الحيوية التي تجري داخل النبات والتي لاتتم بدونه.

محتوى التربة من الفسفور يختلف حسب نوع التربة ودرجة الحرارة والمحتوى الرطوبي.الترب العضوية عموماَ ذات محتوى فسفور أعلى من الترب غير العضوية والترب الناعمة(الطينية) اعلى من الخشنة(الرملية) تحت الظروف البيئية المتشايهة. والشكل (1-4) يوضح دورة الفسفور في الطبيعة.

شكل (1-4) دورة الفسفور

أي نقص في فسفور محلول التربة والذي يمثل الجزء الجاهز (المتيسر) للامتصاص من قبل النبات ($H_2PO_4^-$, $HPO_4^=$) سيتم تعويضه من الجزء المعدني والعضوي في التربة .وبشكل بسيط هناك ثلاثة اجزاء مهمة للفسفور في التربة و لها علاقة بجاهزية الفسفور ولذلك فان اقسام فسفور التربة من حيث الجاهزية للنباتات هي:

الفسفور الذائب : وهو جاهز يشكل مباشر الا ان تركيزه قليل جداَ(0.3-3 جزء يالمليون).و الفسفور في هذا الجزء يكون على هيئة الاورثوفوسفات الاحادية والثنائية(HPO_4^{-2} , $H_2PO_4^{-1}$) .النبات يمتص $H_2PO_4^{-1}$ بسرعة تقدر بعشرة اضعاف امتصاص (HPO_4^{2-}) .النسبة بين $H_2PO_4^{-1}$ و HPO_4^{2-} تعتمد على درجة التفاعل pH وتتساوى عند الرقم 7.22.

الفسفور القابل للتجهيز(الفسفور القابل للتغير)(Labile-P) : وهوالفسفور الممتز على الاسطح المختلفة للتربة ويمكن ان يتحرر الى المحلول.

الفسفور بطئ الجاهزية(الفسفور غير القابل للتغير) : ويكون قليل الذوبانية الى قليل جداَ لاسيما عند تحوله الى صخر الابتايت.

وبشكل عام الفسفور الجاهز للامتصاص من قبل النبات عبارة عن الفسفور الذائب بالماء(فسفور محلول التربة) والفسفور القابل للتجهيز ,والذي يمثل الفسفور الممتز على الاسطح المختلفة في التربة (اسطح معادن الطين والكاربونات والمادة العضوية) او الفسفور المترسب الا انه لا يزال في مراحل وسطية ولم يصل الى المستوى المتقدم من الترسيب.

الفسفور المضاف الذي لا يمتصه النبات او الفائض عن الامتصاص سيتعرض الى عمليات الامتزاز والترسيب او التي يطلق عليها بعمليات التثبيت او الاحتفاظ للتربة بالفسفور . وعملية الترسيب هذه تعتمد بشكل رئيسي على درجة تفاعل التربة (Soil pH) ، اذ ان الترسيب في الترب الحامضية يكون على هيئة فوسفات الحديد والالمنيوم ، اما في الترب القاعدية فيكون على شكل فوسفات الكالسيوم . السماد الفوسفاتي الذي صيغته $Ca(H_2PO_4)_2$ (MCP فوسفات الكالسيوم الاحادية)سيتحول الى معادن الفسفور وسلسلة الترسيب في الترب الكلسية والقاعدية تكون كما في المخطط الآتي :-

نقصان الذوبانية

الاسم	الاختصار	الصيغة
Di Calcium phosphate Dihydrate	DCPD	$CaHPO_4.H_2O$
Di Calcium phosphate	DCP	CaHPO4
Octa Calcium phosphate	OCP	$Ca_4H(PO_4)_3.H_2O$
β – tri Calcium phosphate	β- TCP	$Ca_3(PO_4)$
Hydroxy apatite	HA	$Ca_5(PO_4)_3OH$
Fluorapatite	FA	$Ca_5(PO_4)_3F$

بتعبير اخر انه خلال اسابيع يتحول منMCP الحاوي على الفسفور بصيغة ($H_2PO_4^{1-}$) (الاحادي) الى DCPD و DCP الحاوي على الفسفور بصيغة (HPO_4^{2-}) وبعد حوالي 3-5 شهور يتحول الى OCP وبعد عشرة شهور الى BTCP ويأخذ مدة اطول او مدة اطول من الزمن ليصل الى HA و FA والفسفور في المركبات الاخيرة يكون بشكل(PO_4^{3-}).

ان هذه التفاعلات يصعب السيطرة عليها ، ولذا فان كمية الفسفور المسترد او الممتص من قبل النبات من السماد المضاف او مايسمى بكفاءة استعمال السماد تكون واطئة باستمرار مقارنة بالاسمدة النتروجينية .

عملية الأمتزازتشمل الامتزاز السطحي (Adsorption) او الامتزاز بشكل عام Sorption (والذي يشمل ا الأمتزاز السطحي والامتصاص الى داخل الوحدات البنائية)، وهذه العملية تحدث على الاسطح الحاوية على الايونات الموجبة ولاسيما الكالسيوم والمغنيسيوم واسطح كاربونات الكالسيوم (معادن الكاربونات بشكل عام) وحتى الكميات القليلة من الحديد الموجودة في الترب الكلسية تسهم في عملية الامتزاز . كذلك اسطح معادن الطين مهمة جداً ، وهنا نوع المعدن الطيني والمساحة السطحية للمعدن كلها تؤثر في هذه العملية .

وبشكل عام قوة الربط مع اكاسيد الحديد والالمنيوم تكون عالية ، اما مع معادن الكاربونات فتكون واطئة ، ولذا فان جزء كبير من الفسفور الممتز يكون في الجزء القابل للتجهيز (Labile – Form) . بتعبير نسبي الترب الحامضية تمتز مرتين فسفور اكثر لكل وحدة مساحة سطح تربة مما هو عليه في الترب الكلسية او المتعادلة و بقوة ربط اعلى خمس مرات.

عمليات الامتزاز والترسيب هذه تؤثر بشكل كبير في ادارة الاسمدة الفوسفاتية ابتداءَ من اختيار السماد الفوسفاتي وطرائق اضافته وتجزئة الاضافة لاسيما في الترب ذات القابلية التثبيتية العالية للفسفور .

اما الفسفور العضوي في التربة فهو جزء من المادة العضوية في التربة ، ويشكل حوالي 1-3 ٪ منها ، ويتواجد في الطبقات السطحية للتربة ، ويجب ان يتمعدن قبل ان يستطيع النبات الاستفادة منه ، وعموما تكون النسب بين S : P : N : C بحدود 1.3 : 1.3 : 10 : 140 .

معظم الفسفور العضوي يكون بشكل استرات الاورثوفوسفات متضمنا الانستول فوسفيت (Inositol phosphate) والفوسفوليبيدات و الاحماض النووية .

عملية المعدنة تشبه معدنة النتروجين وتتم بمساعدة انزيم الفوسفتيز ووجود الاحياء المجهرية المختلفة ، ونسبة P : C ممكن ان تكون دليل للمعدنة او التثبيت ، ويمكن توضيح ذلك كما يأتي :-

P:C	المعدنة / التثبيت في أجسام الأحياء المجهرية
أقل من 200	معدنة صافية للفسفور العضوي
من 200-300	لا توجد خسارة اوكسيد الفسفور المعدني
أعلى من 300	تثبيت صافي في أجسام الأحياء

و عموماً العوامل المؤثرة في نشاط الأحياء من pH و حرارة و رطوبة و عناصر مغذية تؤثر في عملية المعدنة .

العوامل المؤثرة في جاهزية الفسفور:

- معادن الطين : معادن 1:1 اكثر امتزازاَ ومسكاَ للفسفور من معادن 1:2 وهذا من حيث النوعية اما من حيث الكمية فأن زيادة كمية المعدن الطيني بشكل عام تزيد من قابلية المسك او الامتزاز.
- زمن التفاعل : يتحول الفسفور مع الزمن الى الاشكال الاقل ذوباناَ نتيجةَللامتزاز والترسيب.
- المادة العضوية للتربة : تعمل على تقليل امتزاز الفسفور من خلال:

1- الاحماض العضوية تنافس الفسفور على مواقع الامتزاز وتقلل من امتزازه

2- الاحماض العضوية تذيب المتريب من الفسفور

3- الاحماض العضوبة تخفض ال pH وتزيد الجاهزية

- درجة تفاعل التربة pH : افضل ذوبانية وجاهزية للفسفور تكون عند المدى 6.8-6.0 وهنا يكون الفسفور بصيغة الاورثوفوسفات.

ادوار الفسفور في النبات :

تركيز الفسفور في أنسجة النباتات يشكل عام ضمن المدى 0.5-0.2 % وبشكل كبير اقل من النتروجين والبوتاسيوم .يمتص النبات الفسفور على شكل $H_2PO_4^{-1}$ أو HPO_4^{-2} .يشترك الفسفور في عمليات نموالنبات الحيوية لاسيما في خزن الطاقة وتحويلها الى جزيئات الأدنوسين تراي فوسفيت (ATP)والأدنوسين داي فوسفيت(ADP) وتكون مصدراً للطاقة داخل النبات او تكون المرافق الانزيمي $NADH_2$ او $NADPH_2$.عند تحول .ATP الى ADP تتحرر كمية من الطاقة تعادل 10000-7000 سعرة.مول $^{-1}$ بينما يحتوي واحد من $NADH_2$ او $NADPH_2$ على 52 كيلو سعرة / مول.الفسفور كذلك اساسي في ال DNA وال RNA التي تحوي الشفرة الوراثية للنبات لإنتاج البروتين والمركبات الاخرى الاساسية لنموالنبات وإنتاج البذور والتحولات الوراثية. الفسفور يشجع نموالجذور ويشجع نضج مبكر للمحاصيل لاسيما محاصيل الحبوب.

ATP = Adenosine Tri Phosphate

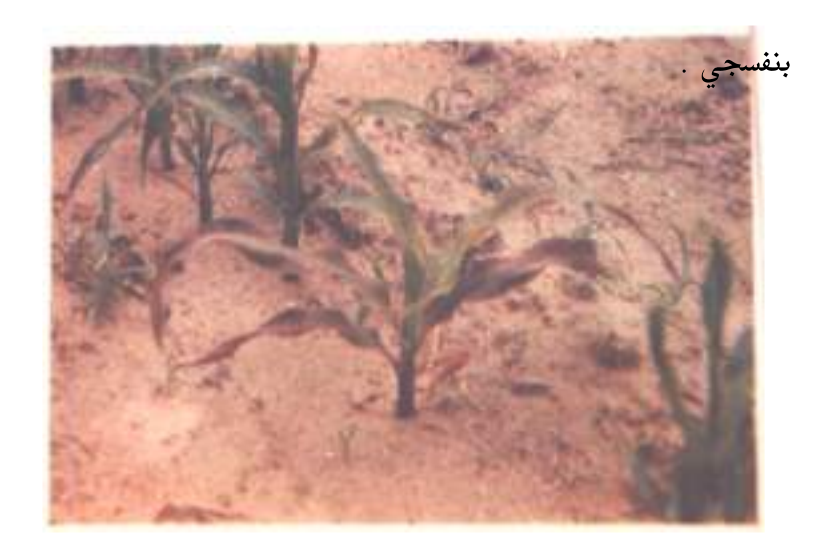
ADP= Adenosine Di Phosphate

$NADH_2$ = Nicotinemide Adnine Dinucleotide

$NADPH_2$= Nicotinemide Adnine Dinucleotide Phosphate

1 ATP **------------>** ADP + Energy (7-10 K Cal Mol^{-1})

اعراض النقص: يظهر النقص على الاوراق القديمة وهناك نباتات تظهر لون اخضر غامق واخرى بنفسجي .



اعراض نقص الفسفور على نباتات الذرة الصفراء

مصادر الأسمدة الفوسفاتية :

الفسفور المعدني :

هناك عدة مصطلحات للتعبير عن محتوى الفسفور في الاسمدة الفوسفاتية وهي ذائب بالماء WATER SOLUBLE وذائب بالسترات CITRATE SOLUBLE وغير ذائب بالسترات ، وعموما الذائب بالماء يمثل الفسفور المتيسر او الجاهز بيسر والذائب بالسترات يمثل الفسفور القابل للتجهيز وغير الذائب يكون غير جاهز .عينة صغيرة تستخلص اولا بالماء والمحتوى للفسفور في الراشح يمثل الجزء الذائب بالماء . المتبقي من الجزء غير الذائب بالماء يستخلص بعياري من سترات الامونيوم لتقدير الفسفور الذائب بالسترات . الفسفور الذائب بالماء والذائب بالسترات يمثل الفسفور الجاهز للنبات من الفسفور الكلي والفسفور المتبقي هوالفسفور غير الذائب ، والمجموع الكلي للفسفور الذائب + غير الذائب يمثل الفسفور الكلي المعدني .

الصخر الفوسفاتي (RP)(Rock Phosphate) مادة خام اولية للاسمدة الفوسفاتية .

الترسبات الرئيسة للصخور الفوسفاتية تتواجد في الولايات المتحدة الاميركية والمغرب والصين وروسيا ، وفي العراق هناك كمية كبيرة ايضا من الصخور الفوسفاتية متمركزة في منطقة عكاشات في قضاء القائم – محافظة الانبار (الرمادي) .معادن الصخور الفوسفاتية هي الاباتايت $Ca_{10}(PO_4)_6X_2$ والذي فيه X يمثل OH^- أو F^- أو Cl^- . الفلورو اباتايت $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ من الصخور الفوسفاتية الاكثر انتشارا ، هذه الصخور تحوي شوائب من الكاربونات والصوديوم والمغنيسيوم .

الاسمدة الفوسفاتية المعدنية الشائعة الاستعمال(جدول 4-1) تصنع من الصخور الفوسفاتية بعد معاملة هذه الصخور بالحوامض والحرارة لزيادة تركيز الفسفور الذائب بالماء .

جدول 4-1 الأسمدة الفوسفاتية المعدنية الشائعة الاستعمال

السماد Fertilizer	الاختصار المستخدم بشكل شائع	التحليل N	P_2O_5	K_2O	S	٪ الفسفور الذائب من الجزء المعلن	الصيغة الكيميائية
Single super phosphate السوبر فوسفات الأحادي	SSP	_	16-22	_	11-12	97 - 100	$Ca(H_2PO_4)_2$
Phosphoric (green) acid حامض الفسفوريك	_	_	48-53	_	_	100	H_3PO_4
Triple super phosphate السوبر فوسفات الثلاثي	TSP or CSP	_	44-53	_	1.0-1.5	97 - 100	$Ca(H_2PO_4)_2$
Mono ammonium phosphate فوسفات أحادي الامونيوم	MAP	11-13	48-62	_	0-2	100	$NH_4H_2PO_4$
Diammonium	DAP	18-21	46-53	_	0-2	100	$(NH_4)_2HPO_4$

phosphate فوسفات ثنائي الامونيوم							
Ammonium poly phosphate فوسفات الامونيوم المتعددة	APP	10-15	35-62	_	_	100	$(NH_4)_3HP_2O_7.NH_4H_2PO_4$
Urea-Phosphate اليوريا– فوسفات	UP	17.7	45	_	_	100	$CO(NH_2)_2H_3PO_4$
Mono Potassium phosphate فوسفات أحادي البوتاسيوم		_	51	35	_	_	KH_2PO_4
Di Potassium phosphate فوسفات ثنائي البوتاسيوم		_	41	54	_	_	K_2HPO_4

حامض الفسفوريك :

حامض الفسفوريك (H_3PO_4) او الحامض الاخضر او حامض العملية الرطبة ,ويحوي على 39–55٪ ؛P_2O_5 او مايعادل 17–24 ٪ P . وينتج حامض الفسفوريك من تفاعل الصخر الفوسفاتيRP مع حامض الكبريتيكH_2SO_4 و ينتج من التفاعل الجيبس الذي من الممكن ان يستعمل مصلح و / او سماد كبريتي لاسيما للترب القاعدية .كما يمكن تصنيع حامض الفسفوريك من خلال تسخين الصخر الفوسفاتي في مرمدة كهربائية Electric Furnace or Muffle Furnace لإنتاج عنصر الفسفور والذي يتم تفاعله مع الماء والاوكسجين لتكوين H_3PO_4 .

حامض الفسفوريك المنتج من خلال عملية الحرق يطلق عليه الفسفور الابيض او حامض المرمدة وينتج بشكل رئيس للاستعمالات الاخرى غير الزراعية . و هذا الحامض له درجة عالية من النقاوة وهو غالي الثمن .

الحامض الاخضر المخصص للزراعة يستخدم لتحميض الصخر الفوسفاتي لصناعة الاسمدة الفوسفاتية المختلفة .هذا الحامض يمكن ان يحقن مع الماء او يحقن في التربة لاسيما في الترب القاعدية والكلسية .

اسمدة فوسفات الكالسيوم :–

وهذه الاسمدة تشمل :

السوبر فوسفات الاعتيادي والسوبر فوسفات الثلاثي.

هذه المصادر كانت هي الاكثر اهمية بالاستعمال، اما في الوقت الحاضر فهناك مصادر اخرى تنافس هذه المصادر . عموما هذه الاسمدة ليس لها تأثير واضح في درجة تفاعل التربة .

السوبر فوسفات الاعتيادي او يسمى السوبر فوسفات المفرد

Single Super Phosphate (SSP) or (OSP)

يصنع هذا السماد من تفاعل الصخر الفوسفاتي مع حامض الكبريتيك :-

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3.CaF_2 + 7H_2SO_4 \longrightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2 + 7\ CaSO_4 + 2HF$$

هذا السماد يحوي على 11-22٪ P_2O_5 (4.8-9.6 ٪P)من هذه الكمية ذائب بالماء ، وهو مصدر ممتاز للفسفور والكبريت (12٪ S) ، وعلى الرغم من انخفاض مستوى الفسفور فيه مما حدد من استخدامه الا انه يبقى مصدراً جيداً للكبريت والفسفور ولكن على نطاق محدود .

السوبر فوسفات الثلاثي Triple Super Phosphate:

يحوي هذا السماد على44-52٪ P_2O_5 (19-22.7 ٪P) ويصنع كما في المعادلة الاتية :

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3.CaF_2 + 12\ H_3PO_4 \longrightarrow 9Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaF_2$$

وهومصدر عالي المحتوى من الفسفور وكمية الكبريت فيه لا تتجاوز 1٪ وهذا المصدرهوالاكثر استعمالاَ في الولايات المتحدة الاميركية وعالميا حتى عام 1960 بعدها بدأ سماد فوسفات الامونيوم بالانتشار والمنافسة . وهو يصنع على اشكال حبيبية وغير حبيبية ، ويستعمل للمزج مع الاسمدة الاخرى او الاضافة المباشرة للتربة .وسماد السوبر فوسفات الثلاثي يصنع في العراق بشكل واسع في المنشأة العامة لصناعة الاسمدة الفوسفاتية في عكاشات / العراق .

وهناك دراسات عدة على المستوى العالمي وعلى مستوى القطر اثبتت نجاح هذا السماد واستجابة المحاصيل المختلفة لاضافته لاسيما المحاصيل التي تحتاج الى الكالسيوم و في الترب الحامضية والحقيقة حتى في الترب الكلسية . حبيبة السماد عند ذوبانها تكون ذات pH منخفض جدا ولكن لفترة قصيرة وينتهي التأثير بمجرد التفاعل في التربة المحيطة ، والتأثير النهائي اما متعادل او بالاتجاه القاعدي ، لاسيما وان الترب في العراق ذات سعة بفرية عالية.

فوسفات الامونيوم :

هذه الاسمدة تنتج من تفاعل حامض الفسفوريك مع الامونيا . من هذه الاسمدة :

فوسفات احادي الامونيوم او فوسفات الامونيوم الاحادية (MAP) Mono ammonium phosphate

يحوي هذا السماد على 11 ٪ N و 48-55٪ P_2O_5 (21–24 ٪P) وهو سماد ذائب بالماء (100 ٪) .

$$NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow NH_4H_2PO_4$$

يضاف هذا السماد مباشرة للتربة على شكله المصنعة على شكل حبيبات وقد يصنع بهيئة سائلة ويضاف مع ماء الري .

تفاعله مع التربة حامضي ، ووجود الامونيوم معه يتطلب الاهتمام بموضوع اضافة الماء وعدم اضافة السماد قرب البذور ، مع ان تفاعله الحامضي يقلل من موضوع تحول الامونيوم الى الامونيا ، أي بتعبير آخر الخوف من التطاير اقل مقارنة بفوسفات ثنائي الامونيوم .

فوسفات ثنائي الامونيوم (فوسفات الامونيوم الثنائية) (DAP) Di ammonium phosphate

وهو يصنع من الامونيا مع حامض الفسفوريك

$$2NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)_2HPO_4$$

وهذا السماد ذائب بالماء 100٪ ويحوي على 21 ٪ N و 46-53٪ P_2O_5(20–23 ٪P).هذا السماد يعد السماد الاكثر انتشارا في الولايات المتحدة وينافس الاسمدة الاخرى حتى الـ MAP . وعلى الرغم من ان تفاعله قاعدي ، وهناك خوف من موضوع تطاير الامونيا وتأثيرها على النباتات الصغيرة وعلى الإنبات ، إلا أن احتواءه على N , P وبمستويات جيدة جدا جعلته سماد مركب P N وينافس الاسمدة الاخرى .هذا السماد يصنع بكميات كبيرة في الاردن ، وهوالان منافس جيد لبقية الاسمدة في العراق الا انه غالي الثمن لكونه مستورد ، وهناك سماد عراقي ولكن مواصفاته ليس بمستوى السماد الاردني .كلا السمادين الـ MAP و DAP ذائبة 100 ٪ بالماء ، <u>والمقصود هنا الذائب للجزء المعلن أي من الفسفور الموجدود فيه</u> ولكن هناك شوائب لانه تجاري وليس للتحاليل

. اما المختبري او المخصص للتحاليل فذوبانيته 100 ٪ بدون شوائب ، لذا يجب الانتباه عند استعمالها رشاَ او مع مياه الري (الري بالتنقيط) .

المحتوى العالي من N P يقلل كلفة الشحن والخزن والاضافة .ويمكن ان تستعمل هذه الاسمدة لتصنيع الاسمدة المركبة والمخلوطة .

عند اضافة الـ DAP بشكل قريب من البذور ممكن ان يؤذي البادرات ويثبط نموالجذور من خلال الامونيا المنتجة طبقا للآتي :

$$(NH_4)_2HPO_4 \longrightarrow 2NH_4^+ + HPO_4^-$$

$$NH_4^+ + OH^- \qquad NH_3\uparrow + H_2O$$

هذه المشاكل شائعة في الترب الكلسية وذات الـ pH المرتفع و اضافة الــ DAP بمسافة عن البذور ضرورية لتقليل الضرر وللاحتياط وفي كل الاحوال مستوى N يجب ان لا يتجاوز 15-20 كغم . هـ$^{-1}$.التأثير بالـ

MAP اقل الا انه يحصل مع المحاصيل الحساسة مثل السلجم والكتان .هذا اضافة الى ان الـ

DAP عند اذابته يكون ذا pH قاعدي بحدود 8.5 مما يشجع انتاج الامونيا .

التفاعل الحامضي للـ MAP في التربة اعتبر على انه يشجع تحرر العناصر الصغرى ، الا ان هذه النتيجة ليست واضحة وثابتة .

عموما الفروق بين الـ MAPو DAP بالتطبيق ليست كبيرة وعلى العكس هناك دراسات اثبتت افضلية الـ DAP على الـ MAP وعلى السوبر فوسفات .

<u>فوسفات الامونيوم المتعددة</u> : Ammonium Poly Phosphate

يصنع بمعاملة البايروفوسفات $H_4p_2O_7$ مع الامونيا . حامض البايروفوسفات ينتج من ازالة الماء من حام ض الفوسفوريك المنتج بالطريقة الرطبة .

البولي فوسفات مصطلح يصف آيونين او اكثر من الاورثوفوسفات H_2PO_4 جمعت سوية مع فقدان جزيئة ماء واحدة لايونين من الاورثوفوسفات .ويصنع كما في المعادلة الاتية :

$$3NH_3 + H_4P_2O_7 \longrightarrow (NH_4)_3HP_2O_7$$

البولي فوسفات يتعرض الى تفاعلات كيميائية وحيوية منتجا $H_2PO_4^-$. التحلل المائي للبولي فوسفات يكون بطئ في المحاليل المعقمة عند درجة حرارة الغرفة ، ومع هذا في الترب التي تعمل فيها الميكانيكيتين الكيميائية والحيوية ، التحلل المائي يكون سريع للبولي فوسفات ، وهي تتأثر بأحياء الرايزوسفير وانزيم الفوسفتيز ، وبما انها تمتلك جزء حيوي .. اذن التأثير بالعوامل البيئية مهم ولاسيما درجة الحرارة (الحرارة المثلى 5-35° م).

المحاصيل تستطيع امتصاص البولي فوسفات مباشرة وهي ذات قابلية جيدة على خلب العناصر الصغرى مثل الزنك ، الا ان الخلب وقتي لحين التحلل .

<u>فوسفات البوتاسيوم</u> : Potassium Phosphate

هذه المنتجات تتضمن K_2HPO_4 و K_2HPO_4 وهي مركبات ذائبة بالماء ، وتستخدم بشكل واسع في المحاصيل البستنية .احتواءها من P و K العالي جعلها مواد جذابة ، وهي مثالية للعائلة الباذنجانية الطماطة والبطاطا ومحاصيل الخضر الورقية الحساسة للكلور المتواجد في سماد كلوريد البوتاسيوم .

دليلها الملحي الواطئ يقلل من اثرها السلبي على البذور النابتة والبادرات اليافعة عندما توضع هذه الاسمدة قريبة او عند البذور .

الاختلاف بالنسبة للجاهزية بين المصادر المختلفة للاسمدة الفوسفاتية قليل مقارنة بعوامل الادارة الاخرى للفسفور مثل معدل الاضافة و طريقة الاضافة.

<u>التسميد الفوسفاتي الحيوي او الميكروبي</u>

PHOSPHATE SOLUBILIZING BACILLI OR MICROBIAL P FERTILIZATION.(BIOFERTILIZER)

الاحياء المذيبة للفوسفات او الرايزوبكتريا الاخرى المتوافرة في التربة بكثرة ممكن ان تعزل من المحيط الجذري للنبات (الرايزوسفير) اذ ان الرايزوبكتريا معروفة في انها تستعمر جذور النباتات وتحفز النبات وتسمى **PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA** (PGPB) أي بكتريا محفزة لنموالنبات ، وهناك دراسات تبين ان هذه الاحياء تذيب معادن الفوسفات الاصلية وصخر الفوسفات ، والتأثير يتأتى من تحرر الاحماض العضوية او مواد مخلبية وهناك لقاحات تجارية في كندا واستراليا لاذابة الفسفور واثبتت نجاحها.

تداخل النتروجين مع الفسفور :

النتروجين يحفز ويشجع امتصاص الفسفور بوساطة جذور النبات من خلال :-

- زيادة نموالجزء العلوي والجذور.
- تغير البناء الحيوي للنبات .
- زيادة ذوبانية وجاهزية الفسفور .

وهنا الامونيوم يكون له تأثير اكبر من خلال دوره في خفض الـ pH وتشجيع الامتصاص .

حجم حبيبة السماد الفوسفاتي :

لحجم الحبيبة والذوبانية بالماء دور مهم في تفاعل الفسفور في التربة ، وعموما كلما قل التماس بين التربة والسماد يؤدي الى تحسن في جاهزية الفسفور .

كذلك الاضافة تلقيما او الاضافة الموقعية تكون اكثر كفاءة من النثر والخلط مع التربة (وذلك نيجةَ لتقليل اسطح التماس ومن ثم تقليل الامتزاز).

الفسفور المتبقي :

بشكل عام الجاهزية للفسفور المتبقي ممكن ان تبقى لمدة سنين اعتماداَ على مستوى السماد المضاف و امتصاص الفسفورمن قبل المحصول و خواص التربة المؤثرة في كيمياء الفسفور .ومع هذا وبشكل عام ، الجاهزية تبقى لفترة اطول في الترب الكلسية والضعيفة التجوية مقارنة بالترب الحامضية والمجواة .

الحد الحرج للفسفور وللترب الكلسية بحدود (15-25 جزء بالمليون)(15-25 ملغم.كغم$^{-1}$ تربة) ، ومع هذا هناك اختلاف حسب التربة وحسب المحصول .

المهم هو اجراء فحص تربة لتقدير محتوى التربة من الفسفور الجاهز وبطريقة جيدة لوصف هذه الكمية الجاهزة قبل اضافة الفسفور . ومع هذا وحتى لو كان مستوى الفسفور جيد فهناك دراسات عدة اثبتت ان اضافة ابتدائية للسماد الفوسفاتي تشجع وتعظم من الانتاج لاسيما وان دراسات حركيات الفسفور اثبتت بطء الامتصاص والحركة في التربة مما يستوجب الاضافة لتلبية الاحتياجات السريعة .

أسئلة عامة:

- ما هوالفسفور القابل للتجهيز Labile – P ؟

- هل ان الفسفور العضوي جاهز بشكل مباشر للنبات ؟
- كيف تتأثر جاهزية الفسفور بدرجة تفاعل التربة ؟
- ما هوالامتزاز والترسيب ، وكيف تؤثر في جاهزية الفسفور ؟
- ما هوالمصدر الاصلي لمعظم الاسمدة الفوسفاتية ؟
- ما هوالحامض المستعمل بشكل شائع لتحميض الصخر الفوسفاتي ، ولماذا يعامل بالحامض ؟
- تحت أي ظروف ونوع تربة ممكن ان يستعمل الصخر الفوسفاتي كسماد ، ويعطي نتائج مقنعة ؟
- ما هي المحاسن والمساوئ لاسمدة TSP , MAP , DAP ؟
- ما هوالمتبقي من الفسفور في التربة وما اهميته الزراعية ؟
- ما هو سماد البولي فوسفات وكيف يتحلل بالتربة ؟
- كيف يؤثر النتروجين في جاهزية الفسفور ؟

البوتاسيوم Potassium

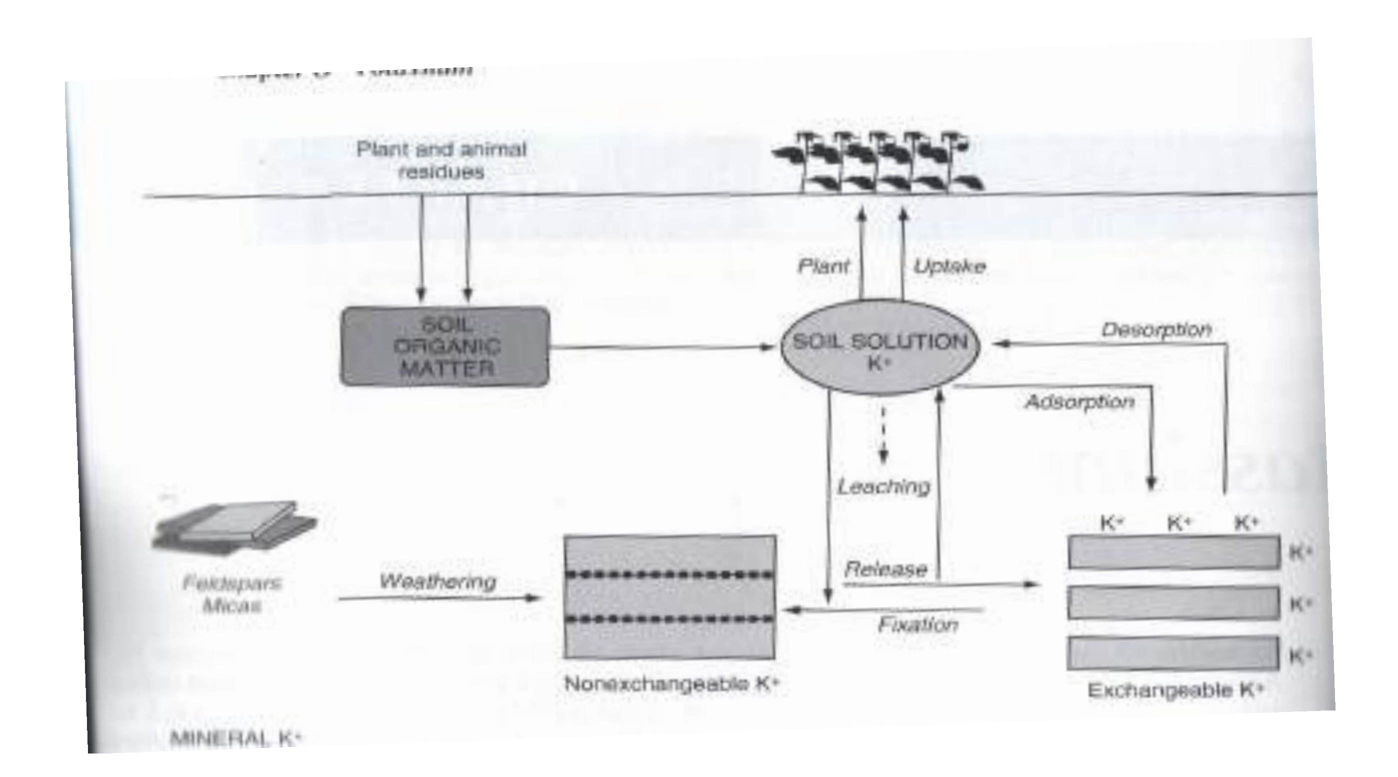
البوتاسيوم في التربة :

يعد البوتاسيوم أكثر الايونات الغذائية الكبرى توفراً في التربة .إذ تتراوح كمية تواجده في التربة بين 3000 – 100000 كغم هكتار $^{-1}$ في العمق 20 سم من الطبقة السطحية للتربة.من هذه الكمية 98 ٪ مرتبط بالمعادن و 2 ٪ فقط في الجزء الذائب (في محلول التربة)والمتبادل على الاسطح..

أشكال البوتاسيوم في التربة:

شكل 5-1 يبين مخطط لدورة البوتاسيوم.اذ تشمل صور البوتاسيوم الذائب والمتبادل والمثبت والتركيبي. مجموع الذائب والمتبادل يمثل البوتاسيوم الجاهز في التربة.وبشكل عام تتدرج الجاهزية لصور البوتاسيوم المختلفة كما يأتي:

الذائب(في محلول التربة يكون سريع الجاهزية يليه المتبادل على الاسطح والذي يكون قابل للتجهيز بشكل جيد ثم البوتاسيوم المثبت داخل صفائح معادن الطين وهو بطئ الجاهزية وأخيرا البوتاسيوم التركيبي او المعدني الموجود في المعادن الأولية.



شكل 5-1 مخطط دورة البوتاسيوم

العوامل المؤثرة في جاهزية البوتاسيوم :

- نوع المعدن الطيني: المعادن من نوع 1:2 اكثر تخصصاً في تثبيت البوتاسيوم وتحوي اعلى اسطح للتبادل (CEC) ومن ثم اعلى بوتاسيوم متبادل من معادن 1:1.
- السعة التبادلية للايونات الموجبة(CEC) :الترب ناعمة النسجة ذات قابلية اكبر على مسك البوتاسيوم من الترب الخشنة النسجة.بتعبير اخر كلما زادت السعة التبادلية للايونات الموجبة كلما زاد خزين التربة من البوتاسيوم.
- رطوبة التربة :مهمة في نموالجذور والنبات بشكل عام ومن ثم تؤثر في امتصاص البوتاسيوم وكذلك مهمة في حركة البوتاسيوم من التربة الى الجذور وفي امتصاصه.

- تهوية التربة مهمة في نموالجذور والامتصاص
- نوع النبات :طبيعة النبات ونوع الجذور مهمة في موضوع امتصاص البوتاسيوم اذ ان النباتات احادية الفلقة لها القابلية على امتصاص البوتاسيوم يشكل أكفأ من النباتات الثنائية عند نفس المستوى من بوتاسيوم التربة وهذا له علاقة بالسعة التبادلية للجذور(RCEC) اذ تكون العلاقة عكسية.

دور البوتاسيوم في النباتات :

- تحفيز حوالي 80 إنزيماً ولذ فدور البوتاسيوم تنظيمي .
- يساعد في تثخن الجدران ومن ثم يقلل من الاضطجاع والإصابة بالأمراض والحشرات لاسيما في وجود توازن جيد بين البوتاسيوم وبقية العناصر المغذية لاسيما النتروجين . بتعبير آخر يوازن التأثير السلبي الناجم عن للإضافة الزائدة لبعض العناصر المغذية .
- ينظم امتصاص المياه وفتح وغلق الثغور ومن ثم يزيد من كفاءة استعمال المياه.
- يقوم بالمساعدة بنقل العناصر المغذية من الجذور الى الأجزاء العليا للنبات او نقلها الى الحبوب او الثمار لاسيما النترات وينقل المواد المصنعة من الأجزاء العليا الى الجذور ولذا يعمل حزاماً ناقلاً للمواد.
- يشجع انقسام الخلايا وتكوين البروتينات.

وبشكل عام هناك من يطلق على البوتاسيوم رجل المرور في النبات لأدواره التنظيمية.

نقص البوتاسيوم :

تظهر علامات على الأوراق السفلى أولا بشكل اصفرار في حواف الورقة بما يشبه الرقم ^ ويرافق ذلك تحرقات على الحواف (النقص لنبات الذرة الصفراء).



مصادر البوتاسيوم السمادية: مصادر البوتاسيوم المختلفة ومحتواها من العناصر المغذية مبينة في جدول 5-1.

جدول 5-1 الاسمدة الحاوية على البوتاسيوم

المصدر	التحليل				
	N	P_2O_5	K_2O	S	Cl
كلوريد البوتاسيوم KCl	–	–	60-62	–	47
كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4	–	–	50-52	17	–
نترات البوتاسيوم KNO_3	13	–	44	–	–
فوسفات احادي البوتاسيوم KH_2PO_4	–	52	34	–	–
فوسفات ثنائي البوتاسيوم K_2HPO_4	–	52	69	–	–

كلوريد البوتاسيوم :

ذوبانية عالية ورخيص الثمن ويستعمل في صناعة الأسمدة المركبة.النسبة العالية للكلور تحد من استعماله لتسميد بعض المحاصيل الحساسة للكلور مثل التبغ.واثبتت عدد من

الدراسات (*)استجابة عدد من المحاصيل لإضافته ولاسيما عند الاضافة الارضية وادارة مياه جيدة.ومع هذا يجب الحذر عند رشه على الاوراق لاحتمالية تعرض الاوراق للحرق لاسيما تحت ظروف المناطق الجافة وشبه الجافة.ولذا بشكل عام يفضل الرش بمصادر اخرى ولكنه ممكن ان يرش في المناطق الباردة.

كبريتات البوتاسيوم :

سماد جيد وتحديداته قليلة وهو مصدر للبوتاسيوم والكبريت الا انه غالي الثمن.

$$2KCl+H_2SO4 \text{ ------------> } K_2SO_4 + 2HCl$$

نترات البوتاسيوم :

سماد جيد وذائب بالماء بشكل ممتاز ولذا يستعمل في المحاليل المغذية

$$4KCl+ 4\ HNO_3 \text{ ------------> } 4\ KNO_3 + 4HCl$$

الكبريت والكالسيوم والمغنيسيوم

الكبريت Sulphur(Sulfur):

توجد مركبات الكبريت على شكلين عضوي وغيرعضوي.العضوي بشكل أحماض امينية أو كبريتات فينولية ودهون وغيرعضوي على شكل كبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والكبريت العنصري الذي يوجد بشكل ترسبات في باطن الارض.

اشكال الكبريت والجاهزية:

- مركبات الكبريت الذائب بالماء : وهوالكبريتات الموجودة في محلول التربة وهوالاكثر تيسراَ للامتصاص بوساطة جذور النباتات
- الكبريتات الممتزة على الاسطح الموجبة
- الكبريت الموجود في الجزء الصلب من التربة ويشكل جزءَ من معادن التربة وعموماَ هناك نوع من الاتزان بين هذه الاشكال.

اهم مصادر الكبريت :

الصخور الحاوية على الكبريت والكبريت الجوي والكبريت العضوي والكبريت المضاف كأسمدة.

تستطيع النباتات الافادة من اكاسيد الكبريت الجوي اما من خلال ذوبانه مع الامطار ونزوله الى التربة (الامطار الحامضية) او الامتصاص بشكل مباشر عن طريق الاوراق.

اكسدة الكبريت واهميتها:

تمتص النباتات الكبريت على شكل كبريتات (SO_4^{2-}) ولذلك عملية الاكسدة مهمة وتتم كما يأتي:

$$H_2S + 2\,O_2 \text{ --------- > } H_2SO_4$$

$$2S + 3O_2 \text{ ------------> } 2\,H_2SO_4$$

وهذة العملية كيموحيوية لأنها تتم بوساطة احياء هوائية اجبارياَ (Thiobacillus) ذاتية التغذية وه ي عملية مولدة للحموضة.

من اهم وظاف الكبريت في النباتات :

- يشترك في تكوين بروتينات النبات وعدد من الانزيمات والفيتامينات.
- له علاقة بأنزيم النتروجنيز لذا فهو مهم في تثبيت النتروجين الجوي تكافلياَ.
- يسهم الكبريت في عمليات الاكسدة والاختزال في النبات
- يدخل في تكوين ثلاثة مركبات مهمة ضرورية جداَ للحصول على الطاقة التي تشغل ايض النبات لذا يعد الكبريت عصب الفعاليات الحيوية للنبات.وهذه المركبات:

TPP = Thiamine pyrophosphate, Lipoic acid, CoASH

اعراض النقص : كما في الشكل الاتي (نبات الذرة الصفراء)لاحظ التلون البني المحمر في اسفل الورقة والنقص مشابه لنقص النتروجين.



الاسمدة الحاوية على الكبريت :

الكبريت الزراعي وكبريتات الامونيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والجبس وحامض الكبريتيك والاسمدة المغلفة بالكبريت. الكبريت الزراعي يجب ان يضاف قبل مدة من الزراعة تعتمد عل ظروف التربة وعموماً تحتاج الى شهرين او اكثر كي تكون هناك فرصة كاملة للأكسدة والتحول الى الكبريتات. والشكل6-1 يبين مخططاً لدورة الكبريت في الطبيعة.

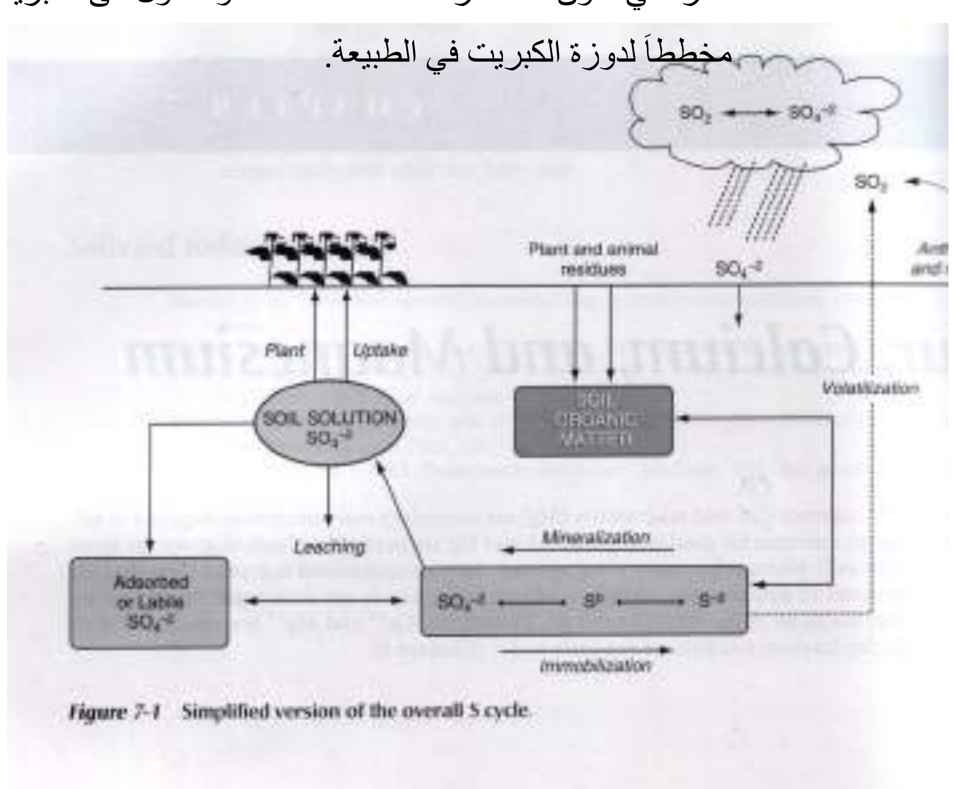


Figure 7-1 Simplified version of the overall S cycle.

شكل6-1 مخطط لدورة الكبريت في الطبيعة

الامطار الحامضية :

في الدول الصناعية هناك نسبة عالية من غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الجو وعند هطول الامطار يتحد هذا الغاز مع الماء مكوناً حامض الكبريتيك وعليه تنزل غالباً

في تلك المناطق الصناعية لاسيما في كندا فهناك امطار ذات pH منخفض او حامضي تسمى بالامطار الحامضية .

اسئلة عامة:

قارن بين دورتي النتروجين والكبريت من حيث التشابه

الكالسيوم Calcium

<u>اشكال الكالسيوم في التربة</u> :

- كالسيوم محلول التربة :الكالسيوم الذائب والأكثر جاهزية للامتصاص من قبل النبات
- الكالسيوم المتبادل : ممتز على غرويات التربة المختلفة وهو قابل للتحهيز ويعد مخزناَ للكالسيوم في التربة .
- الكالسيوم قليل الجاهزية او يعد غير جاهز في الغالب : وهوالكالسيوم الموجود في المعادن الاولية ومنها كاربونات الكالسيوم التي تتواجد بنسب عالية في الترب العراقية.

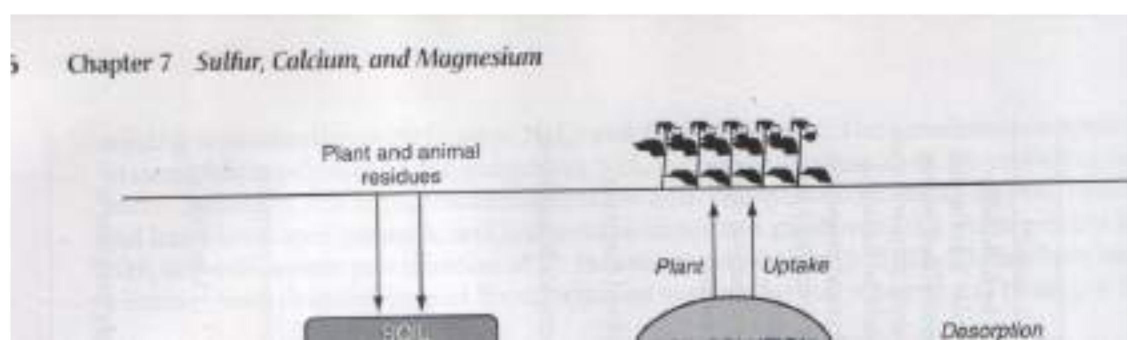
<u>مصير الكالسيوم المضاف الى التربة</u> :

الكالسيوم المضاف الى محلول التربة يسلك المسالك الآتية :(دورة الكالسيوم الشكل 6-2):

اما يمتص من قبل النبات والاحياء الموجودة في التربة

او يمتز على اسطح التبادل

او يعاد ترسيبه كمركبات كالسيوم ثانوية



الشكل 6-2 دورة الكالسيوم والمغنيسيوم فبي التربة

دور الكالسيوم في النبات:

- يدخل في تركيب جدران الخلايا على شكل بكتات الكالسيوم ولذا فهو مهم في نموالنسيج المرستيمي وصلابة جدران الخلايا وتكون النباتات اقل عرضة للاصابة بالمسببات المرضية والحشرية.
- يجعل نبات الحنطة اقل عرضة للاضطجاع.
- يدخل في تركيب غشاء الخلايا ولذا تواجده مهم في الاختيارية في امتصاص العناصر الغذائية و يرفع كفاءة النبات في امتصاص البوتاسيوم
- يخلص النباتات من السمية بحامض الاوكزاليك من خلال ترسيبه على شكل اوكسالات الكالسيوم.
- يسهم مع البوتاسيوم في تنظيم الجهد الازموزي ونقل المواد المصنعة في الاوراق الى حيث ما يحتاجها النبات (بذور ، ثمار ،درنات).
- للكالسيوم دور مهم في تكوين العقد الجذرية المسؤولة عن تثبيت النتروجين الجوي.

بشكل عام امتصاص الكالسيوم قليل بشكل عام لأنه يتم من خلال الاجزاء الفتية ولاسيما رؤوس الشعيرات الجذرية اليافعة او الفتية ويقل الامتصاص مع تثخن الخلايا .تجهيز جيد للكالسيوم مهم لمحاصيل الجت والبطاطا والبنجر السكري التي لها متطلبات عالية من الكالسيوم .

نقص الكالسيوم (الصورة ادناه)يرتبط بعدد من الامراض الفسيولوجية التي تظهر على بعض محاصيل الخضر مثل تعفن الطرف الزهري(Blossom End Rot) في الطماطه واللب المر(Bitter pit) في التفاح والنقرة الفارغة(Cavity spot) في الجزر والقلب الاسود(Black heart) في اللهانةوالكرفس. بشكل عام نقص الكالسيوم نادراً في الترب الزراعية ذات التفاعل المائل للقاعدية وشائع في الترب الحامضية الا ان المشكلة في انتقال الكالسيوم من التربة الى الاجزاء العليا وبين اجزاء النباتات المختلفة وذلك لأنة عنصر بطئ الحركة او معدوم الحركة داخل النباتات ولذا تظهر اعراض النقص على قمم الاوراق والنباتات والثمار لسوء في التوزيع داخل النبات وقصور في النقل والتجهيز.وبشكل عام تعد عملية اضافة المركبات الحاوية على الكالسيوم عملية ادارية مهمة في الترب الحامضية.



تعفن الطرف الزهري في الطماطة(Blossom End Rot)

اسمدة الكالسيوم :

كاربونات وكلوريد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم ونترات الكالسيوم والسوبرفوسفات .بتعبير آخر يضاف الكالسيوم غالباً مع اضافة الاسمدة الاخرى.

المغنيسيوم Magnesium

دورة المغنيسيوم وتفاعله في التربة تشابه الى حد كبير دورة الكالسيوم(شكل 6-2).

دور المغنيسيوم في النباتات :

- يعد الجزء المركزي لمادة الكلوروفيل
- يعمل ناقلاً للفسفور
- له دور مهم في تثبيت النتروجين الجوي
- له اهمية كبيرة في الحشائش لاسيما وان هناك مرض يسمى الكزاز التي يصيب الحيوانات التي تتغذى على حشائش تعاني من نقص المغنيسيوم ويسمى هذا المرض Grass tetany



اسمدة المغنيسيوم:

<u>اهم الاسمدة :</u>هوالابسوم (كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4.7H_2O$) ونترات المغنيسيوم وكلوريد المغنيسيوم .

العناصر المغذية الصغرى Micronutrients

العناصر الغذائية الصغرى مساوية من حيث الأهمية للعناصر الكبرى الا انها تضاف الى التربة والنباتات بكميات اقل بكثير. النباتات التي تعاني من نقص هذه العناصر تظهر نقص في الانتاج ورداءة في النوعية وقد لايمكن اكمال دورات حياتها في حالات النقص الشديد.

تتواجد العناصر المغذية الصغرى في التربة على الاشكال الاتية:

- اما على شكل ذائب في محلول التربة
- او ضمن المواد العضوية وأجسام الأحياء ألمجهريه في التربة
- او ممتزة على اسطح الامتزاز
- او جزء من التركيب المعدني للمعادن الاولية والثانوية

الحديد Iron (Fe)

يمتص الحديد بوساطة جذور النباتات كحديد ثنائي (Fe^{+2}) .والحديد يؤثر في الكثير من الإنزيمات في النباتات ومنها الإنزيمات المشتركة في تمثيل الكلوروفيل ولذلك فان نقصه يسبب شحوباَ (اصفراراَ لاوراق النبات).ويشترك الحديد في عملية التنفس والبناء الضوئي فهو يسهم في عملية تثبيت النتروجين الجوي.كما يدخل الحديد في تكوين الفيروكسين والذي يعد ضرورياَ في عملية اختزال النترات الى امونيا والتي تتحول الى احماض امينية وعليه فهو يؤدي الى زيادة كمية البروتين.

علامات النقص :تظهر اولاَ على الاوراق الحديثة لان الحديد قليل الحركة في النبات .والنقص يظهر بشكل اصفرار وشحوب بين عروق الورقة ويتطور ليغطي كل الورقة و أحيانا تتحول الورقة الى لون ابيض مع بعض الثقوب والتحرقات اذا استمر النقص او بزيادة الحاجة للحديد.زيادة تركيز الحديد ممكن ان يؤدي الى سمية أحيانا تحت ظروف معينة(ظروف الاختزال التي تزداد فيها ذوبانية وجاهزية الحديد).

العوامل المؤثرة في جاهزية الحديد:

تفاعل التربة القاعدي (اعلى من 7.0) وتواجد كاربونات وبيكاربونات الكالسيوم::زيادة درجة تفاعل التربة وحدة واحدة يؤدي الى نقصان الحديد الثنائي الجاهز بمقدار 100 مرة.

- الرطوبة والتهوية:ظروف التغدق والاختزال بشكل عام تؤدي الى زيادة الحديد الثنائي الذي يكون اكثر ذوباناً وجاهزية من الحديد الثلاثي.الا ان نقص التهوية ممكن ان يقلل من نموالجذور ونقص في الامتصاص.
- انخفاض درجة حرهرة التربة عن 15 درجة مئوية يؤدي الى نقص امتصاص الحديد بوساطة جذور النبات.
- تواجد المواد العضوية : ممكن ان تؤثر كونها مادة تمسك بالحديد وتقلل من ترسيبه لاسيما في الترب العضوية ومن ثم تزداد جاهزيته ، فضلاً عن ان هناك علاقة بين المادة العضوية و pH التربة.
- النتروجين المضاف لاسيما الامونيوم ممكن ان يزيد من جاهزية الحديدعن طريق زيادة حموضة التربة.
- احياء التربة المجهرية:زيادة نشاطها يؤدي الى خفض pH التربة ومن ثم زيادة جاهزية الحديد.
- عامل النبات : النبات يزيد من الجاهزية من خلال افرازالمواد التي تزيد من جاهزية الحديد

<u>اسمدة الحديد</u> : كبريتات وكلوريدات الحديد:وهي اسمدة معدنية جيدة الذوبانية الا انها تتحول في التربة الى أشكال غير جاهزة للنبات لاسيما في الترب الكلسية وذات درجة التفاعل القاعدي(اعلى من 7.0).

الأسمدة المخلبية او الشيلات Chelates :هناك عدد من المركبات طبيعية او مصنعة ممكن ان تغلف الحديد وتقلل من تفاعله مع مكونات التربة ومن ثم تزيد من مدة بقائه في التربة بشكل جاهز .ومن هذة المواد: :

EDTA (ethylene diamine tetra acetic acid)

DTPA (diethyl tryamine penta acetic acid)

EDDHA (ethylene diamine di- o- hydroxyphenyl acetic acid)

يتأثر المركب المتكون من المخلب والعنصر ومدى استقراره وبقائة بدرجة تفاعل المحلول ويعد المركبEDDHA اكثر استقراراَ اذ انة يبقى مستقراَ في المدى لل pH بين 4-9 وهو مدى واسع ويشمل معظم الترب الزراعية ولذا يعد الحديد المخلبي Fe-EDDHA من افضل انواع الاسمدة المخلبية واكثرها استقراراَ.اما EDTA فأنه مستقر عندpH يساوي 6.5 و DTPA عندpH يساوي 7.0.

والشكل 7−1 الأتي يبين علامات نقص الحديد:



الزنك (الخارصين) Zinc :

دورة الزنك في التربة تشبه الى حد ما دورة العناصر المغذية الموجبة الشحنة الاخرى، اذ ان الزنك الجاهز للنبات يأتي من الزنك الذائب في محلول التربة والممتز على الاسطح ومن ذوبانية معادن الزنك والمادة العضوية في التربة .

الزنك في النبات:يمتص النبات الزنك على صورة Zn^{+2} والزنك يشترك في عدد من النشاطات الانزيمية الا انه غير مؤكد هل ان الزنك دوره وظيفي أي يدخل في التركيب ام تنظيمي كما

هوالحال بالنسبة للبوتاسيوم.المهم هو دور الزنك في تكوين البروتينات والهرمونات لاسيما منظم النموالاندول استك اسد (IAA) ولذا نقص الزنك يؤدي الى قصر السلاميات و صغر حجم الاوراق الذي يؤدي الى ازدحام الاوراق وحدوث ظاهرة التورد. الزنك ايضاً يشترك في بناء الكلوروفيل وتنشيط الانزيمات المساهمة في تحديد هوية غشاء الخلية من حيث الاختيارية. كما يعد متخصصاً لانزيم carbonic anhydrase اذ يعمل عاملاً مساعداً للتفاعل:

$$CO_2 + H_2CO_3 \text{ -----------> } H^+ + HCO_3$$

ان وجود هذا الانزيم يخلص النبات من زيادة CO_2 ،فضلاً عن انه يعمل منظماً لدرجة التفاعل (pH) في الخلايا ومن ثم يحافظ ويحمي البروتينات من فقدان هويتها Denaturation.كما ان الزنك يكون متخصصاً في تكوين بروتينات السايتوكرومات ذات الاهمية الكبيرة في عمليتي البناء الضوئي والتنفس.كما ان له دوراً مهماً في تكوين الحامض النووية

علامات النقص :مساحات خضراء فاتحة اللون او بيضاء فيما بين عروق الاوراقو لاسيما الاوراق القديمة لان الزنك عنصر متحرك داخل النبات (لاحظ الصور التالية)
السلاميات تكون قصيرة ولذا النبات يكون قصير بشكل عام والاوراق صغيرة ومتجمعةواحياناً الاوراق والثمار تكون مشوهة الشكل.





اوراق الذرة الصفراء

ورقة سليمة(اليسرى)

ورقة تعاني من نقص الزنك (اليمنى)

يبلغ تركيز الزنك في النباتات في المدى 25-150 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة والنقص يرتبط بمستوى بحدود 10-20 ملغم .كغم $^{-1}$ اعتماداً على نوع المحصول .اما السمية فمن الممكن ان تحدث عند تراكيز 400 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة.امستويات السمية ممكن ان تؤثر في نموالجذور وهذا ممكن ان يؤدي الى موت النباتات .ان تحليل الاوراق هنا ممكن ان لايعطي دليل جيد لأن الجذور تمنع الامتصاص ومن ثم لاتظهر الزيادة. من المحاصيل الحساسة لنقص الزنك فستق الحقل وفول الصويا.

<u>العوامل المؤثرة في جاهزية الزنك</u> :

- درجة تفاعل التربة (pH) :معظم نقص الزنك يحدث فب الترب القاعدية والكلسية وذلك لتحول الزنك الى شكل غير ذائب

$$\text{Soil Zn} + 2H \;\text{<-------->}\; Zn^{2+}$$

- المادة العضوية في التربة :يكون الزنك معقدات مع المواد العضوية قسم منها ذائب وقسم غير ذائب وهنا واعتماداً على نوع المعقد فان الجاهزية تزيد او تنقص.ومع هذا فالاخماض الدبالية والفولفية تكون معقدات اكثر جاهزية،هذا فضلاً عن ان المادة العضوية في التربة تخفض درجة تفاعل التربة (pH) ولذا تزيد من الجاهزية.

- تداخل الزنك مع الايونات الاخرى:الزنك ممكن ان يتنافس مع الايونات الموجبة على مواقع الامتصاص.كما ان وجود تراكيز عالية من الفسفور ممكن ان تؤثر في الجاهزية.هذا مع ان التداخل مع الفسفور ليس بهذه السهولة .
- قشط التربة السطحية او التعرية تزيد من احتمالية ظهور نقص الزنك على النباتات المزروعة في مثل هذه الظروف.
- عامل النبات:هناك نباتات حساسة لنقص الزنك مثل الذرة البيضاء والفاصولياء واشجار الفاكهة لاسيما التفاح والخوخ وكما ذكر سابقاً فستق الحقل وفول الصويا.

مصادر الزنك :

- المصادر العضوية :ذات محتوى واطئ بشكل عام الا ان مخلفات المجاري (الحمأه)ممكن ان تحوي نسباً عالية.
- الزنك المعدني :كبريتات الزنك من الاسمدة الممتازة لاسيما للرش على الاوراق.
- الزنك المخلبي :Zn DTPA من افضل الاسمدة وكذلك (Green Zet) يحوي 48 % زنك و 40 % منغنيز و 12 % مغذيات صغرى اخرى.

النحاس Cupper (Cu^{2+})

النحاس في النباتات :يمتص النبات النحاس على صورة Cu^{2+} والتركيز الاعتيادي للنحاس بحدود 5-10 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة والنقص محتمل اذا كان التركيز في النبات اقل من 4 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة.

يشترك النحاس في تفاعلات الاكسدة والاختزال من خلال نقل الالكترونات لاسيما في عمليتي البناء الضوئي والتنفس وفي عملية اختزال النترات ومن ثم تكوين الاحماض الامينيهة والبروتين .كما ان للنحاس دور في جزيئة ال ATP.كما ان الدور المهم للنحاس يكمن في دوره في تكوين اللكنين في جدران الخلايا ومن ثم يؤثر في صلابة الجدران ويقلل من الاضطجاع والاصابة بألامراض (لاسيما الفطرية منها) والحشرات والاجهادات البيئية.

علامات نقص النحاس :

مع انه غير شائع الا انه يظهر على النباتات الحساسة وهو بشكل شحوب على الاوراق الحديثة (الشكل الاتي).كم ان نقص النحاس يؤدي الى طراوة رؤوس البصل ومن ثم سرعة تعفنها.ومع هذا، التراكيز العالية تؤثر سلباً في الجذورعلماً ان السمية غير شائعة وليس من السهولة تشخيصها.



<u>مصادر النحاس</u> :

- المادة العضوية في التربة والسماد العضوي المضاف.
- النحاس المعدني كبريتات النحاس اكثر شيوعاً واكثر فعالية والاضافة الارضية هي الشائعة الا ان الاضافات رشاً ممكن ان تكون للحالات الاسعافية.
- النحاس المخلبي:Cu-EDTA جيد ايضاً لاسيما للاضافة الارضية.

المنغنيز Manganese (Mn^{2+})

<u>دورة المنغنيز</u> :التوازن بين الذائب والمتبادل والعضوي والمعدني يحدد جاهزية المنغنيز للنباتات .

العملية الرئيسة المؤثرة هي الاكسدة والاختزال لأن المنغنيز الثنائي والذي يتوفر في الوسط المختزل هوالذائب والممتص من قبل النباتات .ولذا من اهم العوامل المؤثرة في الجاهزية : درجة تفاعل التربة (pH) والمحتوى الرطوبي والتهوية(حالة الاكسدة والاختزال)والتعقيد مع المواد العضوية.

<u>المنغنيز في النباتات</u> :تراكيز المنغنيز في المدى 50−150 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة والنقص يكون عند 15-20 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة.والمنغنيز يجب ان يختزل الى **Mn^{2+}** لكي يمتص من قبل النباتات (عموماً الصور الاقل تكافؤاً اكثر جاهزية).

$$MnO_2 + 4H + 2e^- \text{------------>} Mn^{2+} + 2H_2O$$

المنغنيز مهم في تفاعلات البناء الضوئي والتنفس وتنشيط الانزيمات ونموالجذور وهو اساسي في نفل الالكترونات خلال الكلوروفيل لاختزال CO2 الى كاربوهيدرات وانتاج الاوكسجين من الماء. المنغنيز له دور في بناء اللكنين وتثخن الخلايا. نقص المنغنيز كما موضح ادناه:



<u>العوامل المؤثرة في الجاهزية للمنغنيز</u>:

- درجة تفاعل التربة (pH) :الجاهزية واطئة في الترب الكلسية (ذات ال pH القاعدي).
- الماء الزائد ورداءة التهوية:التهوية الرديئة لاسيما في الترب الغدقة تزيد من ذوبانية المنغنيز لاسيما في الترب الحامضية.ان عدم ظهور اعراتض نقص المنغنيز في زراعة الرز يعود غالباَ الى الغمر.
- المادة العضوية في التربة :حسب نوع المعقد المتكون الذي اما ان يزيد او ينقص من الجاهزية.
- المناخ : من خلال التأثير في المحتوى الرطوبي ودرجة الحرارة اذ ان انخفاض الحرارة يقلل من الامتصاص.
- عامل النبات:لغرض نمو جيد فان مدى بحدود 2-8 ملغم .كغم $^{-1}$ تربة يكون كافياً.

مصادر المنغنيز :

- العضوي :عموماً المستوى واطئ للمنغنيز في الاسمدة العضوية عدا مخلفات المدن والمجاري التي تحوي نسباً عالية منه.
- المنغنيز المعدني :كبريتات المنغنيز هي الشائعة في الاستعمال وممكن ان تضاف الى التربة او الاوراق
- المنغنيز المخلبي:متوفر ويضاف رشاً على الاوراق .بشكل عام لايفضل اضافة المنغنيز المخلبي الى التربة لأن منافسة الكالسيوم والمغنيسيوم تكون عالية وتحل هذة الايونات محل المنغنيز في المعقد المخلبي ويفقد المخلب هنا دوره في المحافظة على المنغنيز من الترسيب لاسيما في المركبات المخلبية غير المستقرة.

نفص المنغنيز الناتج عن ارتفاع درجة تفاعل التربة (pH) او الكلسية يمكن معالجته بالاسمدة المولدة للحموضة مثل الكبريت والامونيوم.

البورون Boron (B)

<u>دورة البورون</u> :

بورون التربة يتواجد في الصخور والمعادن وممتز على أسطح الطين واكاسيد الحديد والألمنيوم ومرتبط مع المادة العضوية للتربة وفي محلول التربة .فهم دورة البورون مهمة بسبب المدى الضيق بين مستوى الكفاية والسمية للبورون في محلول التربة .

<u>البورون في النباتات</u> : يمتص البورون الممتص على شكل ايونات البورات السالبةالشحنة($B_4O_7^{2-}$ و $H_2BO_3^{2-}$ و HBO_3^{2-} و BO_3^{3-}).نقل البورون في اللحاء من الأوراق الى الأجزاء الأخرى للنبات محدد ،لذلك يتجمع البورون لاسيما في الاوراق القديمة.وهذا يوضح سبب ظهور علامات السمية على قمم الاوراق القديمة اولاً.

وظائف البورون وعلامات النقص:الوظيفة الاساسية للبورون في النبات هو تكامل جدار الخلية اذ ان البورون يجهز الروابط بين السكريات المتعددة لجدار الخليةالتي تعطي التركيب لجدار الخلية.ومع هذا روابط البورون مرنة بحيث تسمح للتمدد الطبيعي للخلية.وعموماً الحشائش اقل اعتماداً على البورون في هذه العملية مع استمرار اهمية البورون للحشائش. البورون اساسي في نقل السكريات الناتجة من التركيب الضوئي الى الأجزاء المرستيمية النامية ونهايات الجذور والبراعم والانسجة الخازنة والناقلة.البورون مطلوب في التطور الطبيعي للعقد الجذرية في البقوليات.نقص البورون يؤثر في الأجزاء التكاثرية أكثر من الخضرية.للبورون دور في عملية التلقيح والاخصاب ونموالانبوبة اللقاحية وعليه فان نقصه يؤدي الى نقص في إنتاج المحاصيل مثل الذرة.ومع ان سمية البورون غير منتشرة الا انها ممكنة لاسيما عند الري بمياه عالية المحتوى من البورون لذلك يعد تركيز البورون احد مؤشرات صلاحية مياه الري.

<u>العوامل المؤثرة في الجاهزية</u>:

- درجة تفاعل التربة (pH) :جاهزية البورون تقل مع ارتفاع الpH لاسيما اعلى من 6.3 .
- المادة العضوية في التربة :اضافة المادة العضوية للتربة او الموجودة اصلاً ممكن ان تزيد من جاهزية البورون .التداخل مع العناصر الغذائية

:توافر كالسيوم عالي يساعد النباتات على تحمل تراكيز عالية من البورون وتعتمد النسبة 1:1200 كالسيوم: بورون في الاوراق لتبين احتمالية الحاجة الى اضافة البورون .نقص البورون على المحاصيل الحساسة مثل الجت ممكن ان يزداد سوءاً باضافة البوتاسيوم او التسميد بالكالسيوم.كما ان عدد من الابحاث المنفذة في القطر اثبتت عن امكانية زيادة حاصل البطاطا عند الرش بالبورون.

<u>مصادر البورون</u> :

- البورون العضوي:محتوى البورون في المخلفات العضوية واطئ الا انه وتحت الاضافات الاعتيادية للأسمدة العضوية فلن الكمية ممكن ان تكون كافية.
- البورون المعدني :البوراكس (تترا بورات الصوديوم المصدر الاكثر شيوعاً وكذلك حامض البوريك).والطريقة الشائعة للإضافة هي النثر او التلقيم او الرش او الإضافة بشكل بودر(مسحوق).المهم عند الإضافة ان يكون التوزيع جيداً لأن المدى بين الكفاية والسمية ضيق جداً والاضافة غير المتساوية ممكن ان تؤدي الى تجمع البورون بكمية كبيرة في بعض الأماكن مؤديةً الى السمية.وعموماً الإضافة بين 0.1-3.5 كغم بورون لكل هكتار اعتماداً على طريقة الإضافة فتكون أدناها 0.1-0.6 مع الرش وأعلاها 0.6-3.5 كغم بورون لكل هكتار عند الإضافة نثراً.



الكلور (Chloride (Cl$^-$

تقريباً كل الكلور في التربة يكون بشكل ذائب في محلول التربة وبسبب هذه الذوبانية العالية كمية معتبرة من الكلور تغسل عندما يتجاوز الري او المطر التبخر–نتح.نقص الكلور نادر الحدوث الا انه ممكن تحت بعض الظروف والحالات.

<u>الكلور في النبات</u>:تركيز الكلور في النبات في المدى 0.2-2.0 % مع ان مستويات تصل الى 10 % ممكنة الحدوث ، مع انها ليست شائعة.هذه القيم تتجاوز المتطلبات المحددة للنبات من الكلور واحياناً يكون المستوى سمي لبعض النباتات الحساسة اذا تجاوز 0.5-2.0 %.

<u>وظائف الكلور</u> :يشترك بشكل رئيس في العمليات الازموزية وموازنة الايونات الموجبة وهذا مهم في العمليات الحيوية.هناك مايزيد على 100 مركب عضوي معروف في النباتات يحوي على الكلور،ويشترك الكلور مع المنغنيز في عملية التحلل الضوئي للماء(Photolysis)في تفاعلات الضوء لعملية البناء الضوئي..من اهم ادوار الكلور في النبات هو تحسين العلاقات المائية وتثبيط بعض امراض النبات.ولذلك عند احتمالية حدوث اصابة الحنطة الشتوية بتعفن الجذور(take-all root rot) فان اضافة كلور بحدود 50 كغم للهكتارمع او قرب البذور تكون هي المعاملة للوقاية.وعموماً كمية بحدود 6-12 كغم للهكتار تكون كافية للمناطق المعتدلة ولمعظم المحاصيل.

المولبدنوم (Molybdenum(Mo

<u>دورة المولبدنوم</u>:مع ان المولبدنوم ايون سالب (انيون) في المحلول الا ان العلاقات بين صوره المختلفة لاتختلف كثيراً عن الايونات الموجبة .

<u>المولبدنوم في النبات</u>: تمتص النباتات المولبدنوم بشكل المولبيدات(MoO_4^{2-}).محتوى النباتات من هذا العنصر واطئة جداً لاتتجاوز 1 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة وذلك بسبب المحتوى الواطئ جداً للمولبيدات في المحلول.وبشكل عام النباتات التي تعاني من نقص المولبدنوم تحوي اقل من 0.2 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة.المولبدنوم اساسي لانزيم النايتريت ردكتيز(Nitrate reductase) الذي يقوم بعملية اختزال النترات عند تمثيلها داخل النبات.كما انة مهم لانزيم النايتروجنيز المهم في عملية تثبيت النتروجين الجوي تكافلياً.ويرفع المولبدنم من كفاءة امتصاص الفسفور اذ يسرع من عملية تحوله من الفسفور المعدني الى الفسفور العضوي مما يحفز من عملية

امتصاصه.الكميات الزائدة من المولبدنوم في النبات ممكن ان تسبب سمية (تشوه في العظام) للحيوانات التي تتغذى على هذة النباتات لاسيما الاغنام والابقار التي تتغذى بسدشكل مباشر على الحشائش في المراعي لاسيما عندما يكون هناك خلل في التوازن بين المولبدنوم والنحاس ،والعلاج هنا يمكن ان يتم باضافة النحاس .

العوامل المؤثرة في جاهزية المولبدنوم **في التربة** :

- درجة تفاعل التربة (pH) جاهزية المولبيدات تختلف عن بقية العناصر الغذائية الصغرى اذ انها تزداد مع زيادة درجة تفاعل التربة (pH) .والزيادة هنا بمقدار عشر مرات لكل وحة واحدة زيادة في درجة تفاعل التربة (pH) .

- اكاسيد الحديد و/ او الالمنيوم:المولبيديوم يمتز على اسطح هذه الاكاسيد وتقل الجاهزية نتيجةَ لذلك.

مصادر المولبدنوم السمادية:

- السماد العضوي:بشكل عام محتوى الاسمدة العضوية من المولبدنوم واطئ.

- المولبدنوم المعدني:هناك اسمدة مختلفة مثل مولبيدات الامونيوم والتي تضاف بتراكيز واطئة 50-500 غم للهكتار(0.5-5.0 كغم هكتار$^{-1}$).واحياناَ تعامل البذور بمحلول المولبيدات وبتراكيز واطئة.

النيكل Nickel(Ni)

النيكل هوالعنصر الاخير الذي اضيف عام 1987على انه عنصر اساسي للنباتات الراقية .محتوى النباتات بشكل طبيعي يتراوح بين 0.1-1.0 ملغم .كغم $^{-1}$ مادة جافة.يمتص على شكلNi^{2+} وهوالمكون الفلزي لانزيم اليوريز الذي يساعد على التحلل المائي لليوريا..كما انه مهم في تمثيل النتروجين في البقوليات ويشجع انتاجية البذور لمحصول فول الصويا.كذلك يشجع انبات بذور الحبوب الصغيرة.

التسميد بمخلفات المجاري (الحمأه) ممكن ان يضيف تراكيز عالية من هذا العنصر ولذا يجب الانتباه الى ذلك.

العناصر المغذية المفيدة

هناك عدد من العناصر تكون مفيدة لبعض النباتات ولكنها لم تعد اساسية لاكمال دورة حياة النباتات .

Cobalt (Co) **الكوبلت**

الكوبلت اساسي لنموالاحياء المجهرية التعايشية (الرايزوبيا) والبكتريا المثبتة للنتروجين حرة المعيشة والطحالب الخضراء المزرقة.بتعبير اخر الكوبلت مهم بالنسبة لتثبيت النتروجين الجوي.تثبيت النتروجين الجوي في محصول الجت ممكن ان يحفز بتركيز كوبلت بحدود 10 جزء بالبليون(10 جزء من ألف مليون جزء).الكوبلت مهم في بناء فيتامين B_{12} في الحيوانات المجترة.التسميد باسمدة كبريتات الكوبلت وبحدود(1.5-3.0 كغم هكتار$^{-1}$)

Sodium (Na) **الصوديوم**

الصوديوم اساسي للنباتات الملحية . الصوديوم يمكن ان يعوض جزئياً عن البوتاسيوم في حالات النقص الشديد للبوتاسيوم.تركيز الصوديوم في الاوراق بحدود 0.01-10 % والصوديوم بشترك بالعلاقات المائية ويزيد من مقاومة بعض المحاصيل للجفاف او حالات نقص الماء.البنجر السكري والشلغم والمحاصيل الجذرية بشكل عام تستجيب للصوديومويعد مفيداً اذ لوحظ زيادة نسبة السكر لنبات البنجر السكري.

Silicon (Si) **السليكون**

مفيد لنبات الرز اذ يخلص النبات من السمية بالمنغنيز نتيجة ترسيبه للمنغنيز على شكل سليكات المنغنيز.يبلغ تركيزه من 0.2-2.0 غم كغم $^{-1}$ مادة جافة في نباتات ذوات الفلقتين و 2.0− 20.0 غم كغم $^{-1}$ مادة جافة في محاصيل الحبوب والاعشاب في حين يصل تركيزه الى100 غم كغم $^{-1}$ مادة جافة فينبات الرز .السليكون يزيد من صلابة الخلايا والانسجة ويقلل من فقد الماء ويقلل الاصابة بالامراض.السليكون مطلوب لنمو مثالي للقصب وإنتاج السكر.في محصول الرز للسليكون دور في المحافظة على استقامة وصلابة الاوراق ومقاومة افضل للامراض .

أسئلة عامة:

- ماهي العناصر الغذائية الصغرى الاساسية والمفيدة؟
- ماهي الصور التي يمتصها النبات من هذة العناصر؟

- ماهو تأثير درجة تفاعل التربة (pH) في جاهزية العناصر الغذائية الصغرى؟
- كيف يؤثر الغمر في جاهزية الحديد والمنغنيز ؟
- ماهي الاسمدة المخلبية وما اهميتها ؟

ماهي افضل طراق اضافة العناصر الغذائية الصغرى ولماذا.

التقييم الخصوبي للتربة

Soil Fertility Evaluation

يقصد به تقدير قابلية التربة على تجهيز مغذيات النبات المطلوبة للنموالمثالي،وشمل هذا التقدير استعمال بعض من العمليات التي تتضمن تشخيصات حقلية ومختبريه وعدد من النماذج الرياضية التي تربط العلاقة بين مستوى العناصر المغذية في التربة واستجابة النبات.

الإنتاجية الملائمة والجيدة لنظام زراعي معين تعتمد على تجهيز مناسب من العناصر المغذية من التربة للنبات.الإزالة المستمرة للمغذيات مع تعويض قليل للكمية المزالة أو بدون تعويض سيعرض النباتات المزروعة إلى إجهاد يرتبط بنقص المغذيات لاسيما إذا كانت التربة ذات قابلية محدده لتجهيز المغذي او المغذيات المطلوبة من قبل النبات.وهنا سيكون العنصر المغذي المعين عاملاً محدداً للنمو(limiting factor) . المستوى الملائم من المغذي المعين يحدد من معرفة متطلبات المحصول(Crop nutrient requirements)من ذلك المغذي والذي يعتمد على نوع وصنف النبات ومستوى الإنتاج والقوة التجهيزية للتربة (Soil supplying power)،فضلاً عن عاملى البيئة والإدارة.

<u>ومن أهم التقنيات المستعملة لتقدير المستوى الخصوبي أو تقييم خصوبية التربة</u> :

1. علامات نقص المغذي على النبات Nutrient deficiency symptoms of plants
2. تحليل النبات Plant analysis
3. تحليل التربة Soil analysis
4. فحوص بايولوجية مثل تنفيذ تجارب مختبرية او في البيوت المغطاة او تجارب حقلية لدراسة مدى استجابة النبات للأسمدة (المغذيات المضافة) .

<u>علامات نقص المغذي على النبات</u>:النباتات عبارة عن المصب النهائي لعوامل النمو ،لذلك فان الملاحظة والمراقبة والمتابعة الدقيقة والمعتنى بها للنبات يمكن ان تبين الإجهاد الغذائي

او النقص الذي من الممكن ان يؤثر في نموالنبات وإنتاجيته.ومع هذا فان التقييم المرئي للنقص يجب ان يستخدم لتوجيه تقنيات التشخيص الأخرى مثل تحليل التربة والنبات.بتعبير آخر ملاحظة علامات النقص لاسيما من المختصين وذوي الخبرة يساعد في تحديد التحليل المطلوب لكي يكون القرار سليم.اذ ان كل علامة نقص يجب ان ترتبط الى حد ما الى بعض وظائف العناصر الغذائية في النباتات (الفصول 3-8).المشكلة في صعوبة التشخيص ان للعنص الغذائي اكثر من دور ووظيفة وهناك تشابه وتداخل في بعض الادوار مما يعطي علامات متشايهة.مثال ذلك نقص النتروجين وكما مر ذكره يظهر على هيئة فقدان اللون الاخضر والشحوب ،الا ان هذه الحالة تظهر مع نقص عناصر اخرى مثل الكبريت والحديد والمغنيسيوم،ولذا من الضروري هنا ان نلاحظ موقع النقص وهذا يتطلب معرفة حركة العناصر الغذائية في النبات.اذ ان العنصر المنحرك تظهر علامات نقصه على الأوراق السفلى وهكذا.كذلك تتداخل علامات النقص في الحقل مع الأمراض والإصابة بالحشرات .

علامات النقص تظهر عندما يكون تجهيز العناصر الغذائية واطئ جداَ مما يؤدي الى الى ان النبات لايستطيع تأدية وظائفه على الوجه الأكمل.وهذا يعني انه من الضروري تشخيص النقص قبل هذة **المدة او المرحلة من** النمو كي يكون هناك وقت كافي للمعالجة او بتعبير آخر إضافة الاسمدة اما إضافة جانبية او رشاَ على الأوراق.وفي حالات كثيرة لانظهر علامات نقص على النباتات الا انه ومع معظم المحاصيل يمكن الحصول على استجابه لإضافة العناصر المغذية ،وهنا يكون الجوع او النقص غير ظاهر او ما يعرف بالجوع المخفي(هناك عدم كفاية للعنصر ما الا ان النقص لم يصل الى الحد التي تظهر فيه

العلامات) .وهنا تأتي أهمية تحليل النبات والتربة في إدارة العناصر الغذائية لتفادي أي نقص ممكن ان يقلل من الوصول بالإنتاج الى المستوى المثالي او الأقصى ان أمكن ذلك.

<u>تحليل النبات</u> Plant analysis:طرائق التحليل تشمل على اختبارات على النسيج الطازج في الحقل او تحاليل في المختبر.

فحص الأنسجة:وهو فحص سريع ينفذ موقعياً في الحقل وهو اقرب الى التقدير الوصفي او شبه الكمي منه الى الكمي الا انه ممكن ان يعطي دليل سريع على النقص.وهذا الفحص ممكن ان ينفذ بأخذ جزء من العصارة النباتية من الورقة او الساق واضافة محلول معين مخصص للفحص المطلوب ومن ثم مقارنة ذلك بصور مجهزة او بلوحة الوان تبين حالة العنصر المعين.وهتاك حقيبة معينة لهذه الاغراض تسمى quick test kit ومثال ذلك فان الفسفور يقدر باضافة محلولي كلوريد القصديروز ومولبيدات الامونيوم الى النسيج النباتي بعد وضعه على ورقة ترشيح.ان ظهور اللون الازرق الغامق دلاله على وجود جيد ومستوى جيد للفسفور اما اللون الفاتح فدلالة على النفص.ويفضل ان تكون الورقة المفحوصة ناضجة واستعمال اكثر من ورقة واخذعينات من ورقة سليمة واخرى يبدو عليها علامات النقص.كما ان الوقت المناسب للفحص مهم ومثال ذلك فان فحص النترات يفضل ان يكون في الصباح الباكر كي لايؤثر الاجهاد الرطوبي على الفحص.

التحليل الكلي :

وهذا التحليل ينفذ على جزء من النبات او النبات كله في المختبر بعد الحصول على ألعينه الممثلة .ومن المهم ان تنظف العينة المراد تحليلها من التربة او الاوساخ التي تغطيها بالماء الخالي من الايونات ومن ثم تجفف وتطحن وتحفظ في اوعية او قناني بلاستيكية لحين التحليل الكيميائي.والتجفيف للاجزاء النباتية يتم في فرن كهربائي على درجة حرارة في

المدى 60-70 درجة مئوية .ولتقدير المحتوى من العناصر المغذية يجب ان تهضم العينات النباتية(تحول العناصر المغذية من الأشكال العضوية الى المعدنية)اما باستعمال حوامض مركزة او مايطلق عليه بالهضم الرطب او من خلال الحرق بالمرمدة(muffle furnace)او مايسمى بالحرق الجاف ولكل طريقة محاسنها وعيوبها.ومن الحوامض المستعملة في الهضم الرطب هي احاض الكبريتيك والبيركلوريك المركزة واحياناَ حامض النتريك المركز اذا لم يكن النتروجين من ضمن العناصر الراد تقديرها(كما سيتم توضيح التفاصيل لاحقاَ).

ومن الامور المهمه في التحليل للنبات هو اختيار العينة الممثلة للنبات والوقت المناسب لاخذ العينة والجزء المثالي لاجراء التحليل.ومن المهم عند المقارنة مع مستويات النقص والكفاية ان تكون المقارنة للجزء النباتي نفسه وللموقع نفسه على النبات ولمرحلة النمو ذاتها ومراعاة ان تكون طرائق التحاليل والتقدير متشابة. ومثال ذلك هناك دراسات تشير الى ان تراكيز النتروجين والبوتاسيوم والفسفور في نبات الذرة الصفراء تكون مثالية اذا كانت 3.0,0.3,3.0 % على أساس الوزن الجاف للعناصر الثلاثة على التوالي بشرط ان يكون الجزء المختار هوالورقة تحت العرنوص(ورقة العلم) وفي مرحلة الحريرة.الموضوع الاكثر اهمية هو اختيار العينة الممثلة وفي الوقت الماسب.

تحليل التربة **Soil analysis**: او ما يطلق عليه بفحص التربة Soil test وهو يمثل اجراء استخلاص كيميائي لعينة تربة لتقدير كمية العنصر او العناصر الجاهزة او المتيسرة للنبات.ومن اهم مميزات تحليل التربة هو تحديد مستوى المغذي النسبي قبل الزراعة.ومع ان كمية العنصر المستخلصة بفحص التربة غير مساوية بالضبط للكمية الممتصة من قبل انبات الا انها ترتبط معها بشكل جيد.ولذا يعد فحص التربة بانه يعطي دليلاَ جيداَ لمدى الاستجابة

لاضافة العناصر المغذية من عدمها . ويشكل عام يمكن تصنيف الاستجابة للسماد المضاف

إلى:

أكيدة محتملة غير محتملة

ولكي تكون نتائج تحليل التربة جيدة ويعتمد عليها في إجراء التوصيات السمادية تلاحظ الامور الاتية:

- اخذ عينات التربة :يجب ان تكون العينة المختارة ممثلة للحقل التي اخذت منه وبوقت مناسب
- تراعى الطرائق السليمة في تحضير العينات للتحليل من تجفيف وطحن وخزن
- اختيار طريقة الاستخلاص الموصى بها للعنصر المغذي المعين وللتربة المعينة
- استعمال أفضل طرائق التقدير المتوافرة من اجهزة ومعدات للتقديراذ ان هذه الاجهزة والطرائق تتطور باستمرار من قبل الباحثين والمختصين.

وقت اخذ عينات التربة :

يفضل ان تؤخذ العينات قبل الزراعة او في وقت مبكر من دورة نموالمحصول ومع هذا من الممكن ان تؤخذ العينات في أي وقت تسمح فيها ظروف التربة لاسيما في الوقت الذي لا يتواجد فيه المحصول اذ ان معظم التوصيات تنادي بفحص الحقل كل ثلاث سنوات وكلما كانت التربة اكثر خشونة(نسجة رملية) كلما تطلب تقليص مدة الفحص.

المستخلصات المستعملة في تحاليل التربة :

المستخلص الكيميائي المستعمل في فحص التربة يختلف باختلاف العنصر المغذي المراد تقييم جاهزيته اذ ان المستخلص المستعمل يزيل العنصر المغذي من خزانات واماكن تواجده (بتعبير اخر من الجزء المتبادل والممتز والمعدني).

الفحوص البايولوجية مثل تنفيذ تجارب مختبريه او في البيوت المغطاة او تجارب حقلية لدراسة مدى استجابة النبات للأسمدة (المغذيات المضافة) :

ان من اهم الوسائل المستعملة لتقييم خصوبة التربة هو تنفيذ تجارب في الحقل او البيوت الزجاجية او المغطاة بشكل عام او تجارب في الاصص(السنادين) والتي يتم فيها اختبار مدى استجابة محصول معين لاضافة العنصر او العناصر المغذية .وهي طريقة جيدة الا انها مكلفة وتأخذ وقتاً طويلاً.

بشكل عام القرار والتوصية السليمة تكون اذا ما استعملت اكثر من طريقة او الطرائق كافة اذ ان الهدف بالنسبة للمنتج او المزارع هوالمحافظة على مستوى عناصر مغذية تديم الانتاجية والربحية وهذا يعني ان لاتكون العناصر المغذية محددة للنمو عند أي مدة من مدد النمو من الانبات الى النضج

<u>ملاحظات عامة حول التقييم الخصوبي:</u>

*اختيار التسميد الملائم يعتمد على متطلبات المحصول والناتج المراد تحقيقه وخواص التربة والظروف البيئية المحيطة.

* الجوع المخفي لا يمكن كشفه بسهوله ولكن من خلال تحليل جيد للتربة والنبات ممكن تجنب هذا النقص.

* مديات المغذيات الحرجة(Critical Nutrient Ranges "CNR") ذات معنى اكبر من الحدود الحرجة(Critical Nutrient Concentrations "CNC").

* نظام التشخيص والتوصية المتكامل(" DRIS" **Diagnosis and Recommendation Integrated System**) والذي يعتمد النسب بين العناصر الغذائية في النبات بدلاً من النسبة لكل عنصر و يعد اتجاهاً متقدماً على تحليل النبات.

*التوازن بين الايونات المغذية في النبات مهمة كأهمية الكمية الحقيقية ومثال ذلك العلاقات بين الامونيوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم وكذلك الزنك والفسفور.

* اخذ العينات من التربة او النبات تعد من أهم العمليات ولذا يفضل أن تكون العينة ممثلة للمجتمع التي آخذت منه.

طرائق تحليل التربة والنبات :

سيتم التطرق الى هذا الموضوع في الجزء العملي **(سيتم التطرق الى هذا الموضوع في الفصل الثاني عشر)**

العناصر المغذية واستعمال المياه والتداخلات الأخرى

Plant Nutrient, Water Use and other Interactions

عندما يتداخل عاملان من عوامل النمو فان تأثير احدهما سيتأثر بالاخر او لا يتأثر. هذا التأثير اما ان يكون ايجابي او سلبي او بدون تأثير. التأثير او التداخل السلبي يحدث عندما تكون استجابة النبات الى العوامل المركبة(عاملين او اكثر) اقل من الاستجابة لهذين العاملين اذا ما اضيفت بشكل منفصل(بتعبير اخر الاستجابة للعاملين مجتمعة اقل من مجموع الاستجابة لاضافة كل عامل بشكل منفصل).التداخل الايجابي يتبع قانون الحد الادنى للعالم ليبك " Liebig's Law of the minimum " او قانون الحد الادنى او العامل المحدد "Limiting law" الذي ينص " إذا كان هناك عاملان محددان للنمو او تقريبا كذلك فان اضافة احدهما سيكون

له تأثير قليل على النمو بينما الاستجابة والانتاج ستكون اعظم عند اضافة كلا العاملين سوية ". وعند النقص الشديد لعنصرين غذائيين او اكثر فان الاستجابة للمغذيات ستكون بتداخلات معنوية قوية.

التداخلات ممكن ان تكون :-

- **بين عنصرين غذائيين او اكثر .**
- **بين المغذيات او العمليات الزراعية (موعد الزراعة، الحراثة) .**
- **مستوى السماد وصنف المحصول .**
- **الاصناف وكثافة الزراعة .**
- **المغذيات والحرارة والرطوبة. . .**

التداخل بين الماء والعناصر المغذية للنبات :-

الإجهاد المائي يكون من اكثر العوامل المحددة للنمو حتى في بعض المناطق التي يكون فيها التساقط (الامطار . . .) اعلى من الاستهلاك المائي (التبخر- النتح) فهناك اجهادات ناتجة من نقص العناصر المغذية او الحشرات او الادغال تؤثر في كفاءة استعمال المياه من قبل النبات وهذا سيؤثر في الانتاجية والربحية .

وبسبب التزايد على طلب المياه للاستعمالات المدنية والحضرية غير الزراعية وبسبب شحة تجهيز او توافر المياه في العديد من الدول يصبح موضوع كفاءة استعمال المياه (كمية المياه المستعملة لانتاج محصول ما) من التحديات المهمة والرئيسة في الزراعة . وعموما فان أي عامل يحسن ويزيد الانتاج سيؤثر في كفاءة استعمال لمياه.

كفاءة استعمال المياه: Water use Efficiency

تمثل إنتاج المحصول لكل وحدة مياه مستعملة من التربة والامطار والري .هذه الكفاءة تختلف حسب المحصول والادارة المستخدمة . اي ادارة جيدة تزيد وتعظم من الانتاج ستزيد من كفاءة استتعمال المياه .

ومع إن استعمال لري المنظم يجعل الانتاج اكثر استقراراً الا ان الانتاج ممكن ان يبقى محدداًً بعوامل أخرى. وهنا ببساطة اذا تضاعفت طاقة الانتاج مع الري يزداد الطلب على المغذيات وتكون الحاجة قائمة لاضافة الاسمدة بانواعها المختلفة . كذلك مع توافر عناصر مغذية وبشكل مثالي تكون كفاءة استعمال المياه افضل .

التسميد وامتصاص الجذور للماء :-

إن معظم الماء المستعمل بوساطة الجذور يكون من الطبقة السطحية للترب مقارنة بالذي يمتص من الطبقة تحت السطحية. ولكن عند استنزاف الماء الجاهز في الطبقة السطحية فان جذور النباتات يجب ان تأخذ الماء من الطبقة تحت السطحية وهذا يكون افضل مع التسميد الجيد الذي يزيد من العمق الفعال للجذور (العمق الذي تستطيع الجذور ان تمتص الماء منه) ومن ثم يستطيع المحصول مقاومة الجفاف بشكل افضل. ومع هذا يجب ان يكون هناك ماء تحت سطحي والا فان التسميد سيكون هنا بدون فائدة .

اهمية التسميد الجيد وعلاقته باستعمال كفوء للمياه ومقاومة المحصول لنقص الماء ممكن ان تلخص بالنقاط التالية:-

- زيادة الرطوبة المتوافرة نتيجة للتسميد ستؤثر في حركة وانتقال العناصر المغذية ولاسيما الفسفور والبوتاسيوم التي تتحرك بالانتشار بشكل رئيس والتي تؤثر فيها الرطوبة بشكل مباشر .
- الرطوبة الكافية لها تأثيراتها الفسيولوجية على الجذور وقابليتها في امتصاص المغذيات.
- اضافة البوتاسيوم وتوافره في التربة بشكل جاهز سيزيد من قابلية النبات على تنظيم امتصاص المياه وزيادة كفاءة الامتصاص والاستهلاك المائي نتيجة لتنظيم فتح وغلق الثغور ودور البوتاسيوم التنظيمي لعدة امور فسيولوجية في النبات .
- توفر العناصر الغذائية بشكل مثالي سيساعد في نمو غطاء خضري جيد وسريع وهذا الغطاء سيقلل من فقدان الماء عن طريق التبخر من سطح التربة ويزيد من جاهزية

الماء . كما ان زيادة النموالخضري وزيادة الانتاج وزيادة كثافة الجذور سيحسن من غيض الماء بالتربة وتحسين الصفات المائية للتربة .

- جاهزية عناصر مغذية جيدة ومتوازنة ونمو جيد سيسرع من النضج وسيوفر من المياه ويؤدي الى تقليص مدة بقاء المحصول في الحقل واحيانا يتم ملء الحبوب قبل مدة الصيف الحار والذي سيمكن من تجاوز التاثير السلبي في الإزهار وتكوين الثمار وملء الحبوب .

مستوى رطوبة التربة وامتصاص العناصر الغذائية:

الماء أساس لامتصاص المغذيات من خلال تأثيره في كافة عمليات نقل العناصر المغذية وانتشارها ونموالجذور كأعتراض الجذور وعملية النقل بالجريان الكتلي او بالانتشار . عند توافر رطوبة جيدة فان الجذور ستكون منتشرة بشكل جيد وبعمق جيد يزيد من اسطح التماس مع التربة وامتصاص العناصر سيكون افضل ولا سيما الكالسيوم والمغنيسيوم .

الجريان الكتلي لماء التربة او حركة العناصر المغذية مع حركة الماء او ما يسمى بتدفق النتح او الحركة نتيجة النتح يتم من خلال انتقال النترات والكبريتات والكالسيوم او المغنيسيوم الى الجذور .

المغذيات تنتشر من المناطق ذات التركيز العالي الى الناطق ذات التركيز الواطئ ولكن بمسافة لا تتجاوز 5 ملمتر . وهنا معدل الانتشار يعتمد بشكل رئيس على توافر الرطوبة ، ولذا مع اغشية مائية او اغلفة مائية سميكة او مع تراكيز مغذيات اعلى تتحرك المغذيات عن طريق الانتشار بشكل افضل .

كذلك امتصاص المغذيات يتأثر بشكل غير مباشر نتيجة لتأثير المحتوى الرطوبي في فسلجة النبات بشكل عام وكذلك في تهوية التربة وتركيز الاملاح في التربة .

في ترب الأراضي الجافة وشبه الجافة (Dry land) والتي يعد نقص الماء هوالعامل الاكثر تحديدا للانتاج حيث كان يستعمل نظام المحصول الواحد [زراعة – بور (ترك الارض بدون زراعة)] إلا أن الدراسات أثبتت أن الزراعة الكثيفة مع تبني تقانات زراعية لاسيما انظمة الحراثة الدنيا (Minimum Tillage) او الحراثة الصفرية (Zero Tillage) ستعطي إنتاج ومحصول أعلى بكثير وزيادة في كفاءة استهلاك المياه بشكل واضح لاسيما في الترب الخشنة النسجة(الرملية)

في الترب المروية التداخلات متشابهة كما تم ذكره اعلاه الا ان التداخلات هنا تعمل في مستويات الانتاج العالية . وهنا التسميد عامل مهم لان الرطوبة يمكن السيطرة عليها ومتوافرة

ومن ثم إضافة السماد سيكون له التأثير الكبير والمهم في الانتاجية . وبشكل عام الاستجابة لاضافة N من قبل المحصول تكون اعلى وافضل عندما يكون توفر الماء بشكل جيد .

التداخلات بين المغذيات :-

التداخلات بين N -P ، N -K تلاحظ بشكل شائع. والحقيقة ان موضوع العامل المحدد للنمو يكون ذو تأثير كبير هنا . فعندما يكون الانتاج محدود ممكن ان لا يكون البوتاسيوم في الترب الجافة مثلا عاملاً محدداً ، الا ان استعمال اصناف عالية الانتاج وتسميد N ، P عالٍ سيؤدي الى ضرورة اضافة البوتاسيوم والا سيكون عاملا محددا للإنتاج. وهنا يلاحظ انه عند اضافة 30 كغم N/هـ كانت الاستجابة قليلة لاضافة البوتاسيوم ولكن عند اضافة 90 كغم N/هـ الاستجابة للبوتاسيوم كبيرة حتى اعلى مستوى مستعمل.

التداخلات مع المغذيات الصغرى ممكن ان تكون كبيرة جدا . في الترب واطئة الفسفور والزنك فان اضافة P او Zn بشكل منفصل قلل من انتاج الذرة الصفراء الا انه عند اضافة كلا العنصرين كان كان هناك تداخلاً ايجابياً ، ومع هذا هناك دراسات تبين وجود تداخل سلبي عند اضافة كميات عالية من الفسفور والزنك.

التداخل بين المغذيات والكثافة الزراعية :-

زيادة الكثافة النباتية (التي تعبر عن عدد النباتات في المساحة المعينة) لا يؤدي لوحده الى انتاج عالٍ بدون اضافة او توافر مغذيات كافية . وكذلك زيادة التسميد لوحده غير كاف ما لم تكن هناك زيادة في الكثافة النباتية . ومثال ذلك ، عند 30000 نبات/هـ فان زيادة N الى 270 كغم N /هـ تنتج عنه زيادة معينة ولكن مع 90000 نبات /هـ الزيادة كانت الى الضعف . وبشكل عام أي تقنية حديثة تزيد من طاقة الانتاج تتطلب ان تكون هناك زيادة موازية في المغذيات المضافة كي يتم الحصول على التداخل او الربحية المطلوبة

أسئلة مختارة:-

- ماهوالتداخل الموجب
- ماهوالعامل المحدد وكيف يؤثر في الاستجابة والتداخلات بين المغذيات
- ماهي كفاءة استهلاك المياه وما علاقتها بالتسميد
- ما علاقة اضافة السماد بامتصاص السماد من قبل النبات

أساسيات إدارة المغذيات principles of Nutrient Management

برامج إدارة كفوءة للعناصر المغذية ممكن أن تجهز النباتات بالكميات المناسبة للإنتاج والربحية مع ضمان التقليل من المخاطر البيئية . ومن العوامل المؤثرة في كمية العناصر المغذية :

- صفات المحصول – كمية العناصر المغذية المطلوبة تختلف اعتماداً على المحصول (النوع والصنف و إدارة المحصول والإنتاج)(جدول 11-1)والظروف البيئية(الحرارة والرطوبة)و خواص التربة(نوع التربة وخصوبة التربة والموقع من حيث الارتفاع وإدارة التربة).

جدول (11-1) الامتصاص المثالي للعناصر المغذية لعدد من المحاصيل الحقلية والبستنية المختارة

المحصول	الإنتاج	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
	طن/هكتار	كغم/هكتار								
الشعير(حبوب)	3.2	73.0	16.0	27.0	2.4	6.7	9.0	0.04	0.03	0.09
الشعير(قش)	5.0	34.0	11.0	90.0	9.0	2.2	4.5	0.012	0.36	0.06
الذرة الصفراء (حبوب)	12.5	168.0	45.0	45.0	6.7	20.0	17.0	0.09	0.11	0.34
الذرة البيضاء (حبوب)	4.8	73.0	34.0	25.0	4.6	7.8	11.0	0.02	0.07	0.06
فول الصويا(حبوب)	3.4	210.0	46.0	83.0	21.0	11.0	26.0	0.06	0.07	0.06
زهرة الشمس	3.0	78.0	15.0	34.0	–	–	13.5	–	–	–
الحنطة(حبوب)	3.6	79.0	22.0	28.0	2.2	11.0	5.0	0.05	0.11	0.18
الجت	15.0	390.0	45.0	336.0	180.0	45.0	50.0	0.11	0.07	0.7
البرسيم	15.0	350.0	45.0	291.0	-	–	–	–	–	–
التفاح	30.0	34.0	11.0	50.0	9.0	5.6	11.0	0.03	0.03	0.03
البصل	18.0	50.0	23.0	45.0	12.0	2.2	20.0	0.03	0.09	0.03
البطاطا	37.5	100.0	54.0	177.0	6.5	7.8	7.8	0.07	0.17	0.1
الطماطة	50.0	134.0	45.0	179.0	7.8	12.0	16.0	0.08	0.15	0.18

- **الجذور** – بما إن معظم العناصر المغذية تمتص بوساطة الجذور فان فهم صفات الجذور مهم في إدارة العناصر المغذية.قابلية الجذور للبحث في التربة عن العناصر المغذية والماء يعتمد على خواص الجذور الفسلجية والمورفولوجية.أقطار الجذور وأطوالها وكثافة الشعيرات الجذرية ووجود فطر المايكورايزا من عدمه.مثال ذلك من محاسن المحاصيل المتعمقة الجذور كالجت والبرسيم الحلو انها تفكك التربة تحت السطحية المرصوصة من خلال تغلغل الجذور والتحلل الذي يلي ذلك.البقوليات المتعمقة الجذور

في المراعي تجهز علفاً جيداً للحيوانات أفضل من التي تقدمه الحشائش ضحلة الجذور .والجذور تتأثر بالمسافات بين النباتات وبين الخطوط (الكثافة النباتية).

- صفة السعة التبادلية للايونات الموجبة للجذور ايضاً تؤثر في قابلية المحصول في امتصاص العناصر المغذية .وجود فطريات المايكورايزا من عدمه مهم جداً لاسيما مع العناصر المغذية غير المتحركة في التربة لاسيما الفسفور وبالذات عندما يكون تركيزه منخفضاً في التربة او مضافاً بأشكال بطيئة التيسر والجاهزية.
- **صفات التربة** –خواص التربة الفيزيائية التي تحد من نموالجذور لها تاثير مباشر في كفاءة الامتصاص.حراثة التربة وفلحيتها مهمة في توفير المكان المناسب لنمو وتغلغل الجذور .
- **العناصر المغذية للنبات**–اضافة عناصر مغذية مناسبة وكافية قبل الزراعة يشجع على تطور نظام جذري جيد.
- **وضع السماد** واماكن وطريقة اضافة العناصر المغذية –من الامور المهمة التي يجب اخذها بنظر الاعتبار عند وضع السماد ما ياتي:
- محاولة التقليل من التاثير الملحي للسماد وذلك لاختلاف المصادر السمادية في تاثيرها الملحي وهنا يجب ان تضاف الاسمدة ذات الدليل الملحي العالي بمسافة عن الجذور لاسيما في المراحل الأولى من النمو.
- التوقيت الصحيح للتسميد مهم هوالأخر كأهمية إضافة السماد والكمية المضافة.

<u>طرائق إضافة الأسمدة:</u>

إضافة الأسمدة الصلبة :هناك عدد من الخيارات تشمل الإضافة السطحية او تحت السطحية والإضافة قبل او عند او بعد الزراعة.

<u>الإضافة قبل الزراعة :</u>

وتشمل النثر (Broadcast) :تضاف العناصر المغذية بشكل متساوي على سطح التربة.وهنا ممكن ان تخلط مع السطح او تترك بدون خلط والافضل هوالخلط من خلال الحراثة.

الاضافة عند الزراعة (Banding)وهنا من المفضل الاضافة بمسافة 2.5-7.5 سم الى جانب او تحت البذرة وبعمق 2.5-5.0 سم.او بعمل خط مواز لخط البذار وبمسافة معينة ويوضع السماد فيه(وهنا المسافة بين خطوط الزراعة).

او تتم الاضافة بعمل حزمة حول البذرة وهذا شائع مع المحاصيل التي تزرع على مسافات بين جورة واخرى.

<u>الإضافة بعد الزراعة:</u>

وهنا ممكن ان تضاف الاسمدة فوق النباتات كما هوالحال بما يسمى بالاضافة الفوقية(Top dressing) لاسيما بالنسبة لاضافة النتروجين لساحات المروج والمسطحات الخضراء.

الاضافة الجانبية او التلقيم او الحزم وهي طريقة شائعة الاستعمال للدفعات المختلفة للسماد ولمحاصيل الخضر بشكل خاص.

الدليل الملحي Salt index:

التركيز العالي للاملاح التي تكون في تماس مع الجذور اومع البذور عند مرحلة الانبات تؤثر سلباً من خلال التاثير الملحي الازموزي والتاثير السمي النوعي للاملاح لاسيما في الاراضي غير المتاثرة بالاملاح.وهنا تصنف الاسمدة الى مجاميع وفقاً لدليلها الملحي والذي يؤثر في كمية السماد المضاف في مرحلة الانبات والمسافة التي يجب ان يوضع فيها السماد عن البذور او البادرات.والدليل الملحي عبارة عن النسبة بين الزيادة في الضغط الازموزي الناتج عن اضافة السماد نسبة الى الضغط الازموزي الناتج من اضافة الوزن نفسه من نترات الصوديوم على اساس قيمة نسبية هي المئة (على اساس ان الدليل الملحي لنترات الصوديوم هو 100) والجدول (11-2) يبين الدليل الملحي لبعض الاسمدة.وعموما املاح النتروجين والبوتاسيوم تملك دليل ملحي اعلى من الفسفور .اضافة الامونيوم بالقرب من البذور ايضا له محاذير نتيجة لنطاير الامونيا تتاثيرها السلبي في الاتسجة النباتية لا سيما في الترب القاعدية او المائلة الى القاعدية كالترب الكلسية.

جدول 11-2 الدليل الملحي لمواد سمادية شائعة الاستعمال

المصدر ألسمادي	الصيغة الكيمائية	التحليل	الدليل الملحي (نسبة الى نترات الصوديوم	الدليل الملحي الجزئ
		المصادر النتروجينية		
الامونيا اللامائية	NH_3	83(N)	47	0.57
نترات الامونيوم	$NaNO_3$	35(N)	104	3.1
كبريتات الامومنيوم	$(NH_4)_2SO_4$	21(N)	88.3	3.2
اليوريا	$CO(NH_2)_2$	46(N)	74	1.62
نترات الصوديوم	$NaNO_3$	16.5(N)	100	6.1
		المصادر الفوسفاتية		
السوبر فوسفات المركز	$Ca(H_2PO_4)_2$	$48(P_2O_5)$	7.8	0.16
السوبر فوسفات الثلاثي	$Ca(H_2PO_4)_2$	$48(P_2O_5)$	10.3	0.21
فوسفات أحادي الامونيوم م	$NH_4H_2PO_4$	$54(P_2O_5)$+ 11(N)	26.7	0.401
فوسفات ثنائي الامونيوم	$(NH_4)_2HPO_4$	$46(P_2O_5)$+ 18(N)	29.2	0.456
		المصادر البوتاسيومية		
كلوريد البوتاسيوم	KCl	$60(K_2O)$	116.1	1.94

كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	$50(K_2O)$	42.6	0.85
نترات البوتاسيوم	KNO_3	$44(K_2O)+13(N)$	69.5	1.20
فوسفات احادي البوتاسيوم	$K\,H_2PO_4$	$34(K_2O)+51(P_2O_5)$	8.4	0.097

الإضافة الورقية للعناصر المغذية (الإضافة رشاَ على الأوراق) :إضافة الأسمدة المعدنية الذائبة بالماء من الممكن ان يتم من خلال رشها على الأوراق او الاجزاء الهوائية للنباتات بشكل مباشر .هذه العناصر المغذية بعد اضافتها ستتغلغل الى داخل الورقة من خلال طبقة البشرة او الثغور.هذه الطريقة للتسميد هي بالأساس للاستجابة السريعة لتصحيح نقص معين .الاضافة للعناصر المغذية بهذة الطريقة تتأثر بعدد من العوامل المناخية وتحتاج الى ادارة معينة ذات علاقة باختيار المصدر السمادي المناسب والتركيز المناسب ووقت الاضافة التي يجب ان يكون في الصباح الباكر او عند الغروب لتلافي سرعة التبخر من سطح الورقة والذي قد يسبب حرقها.وعلى الرغم من الاضافة بهذه الطريقة تبقى تكميلية للاضافة الارضية لاسيما للعناصر الغذائية الكبرى ويمكن ان تسد حاجة النباتات من العناصر الصغرى ولاسيما للمحاصيل البستنية ذات المردود الاقتصادي العالي.تراكيز بحدود 1-2 % غالباَ ما تستعمل لتجنب حدوث أي ضرر على الاوراق.الاضافة رشاَ على الاوراق لليوريا اثبتت نجاحها في اشجار التفاح والحمضيات .اضافة الفسفور ورقياَ قليل الاستعمال بشكل عام لأن معظم مصادره صعبة الذوبان بالماء واضافته تتطلب عناية ودراية اكبر من اسمدة النتروجين لاسيما موضوع التركيز المناسب للاضافة والتي يجب ان لايتجاوز 0.4-0.5 % لمعظم المحاصيل.البوتاسيوم ايضاَ محدود الاضافة بهذه الطريقة.ومع ذلك هناك تجارب عدة في العراق اثبتت نجاح الاضافة رشاَ للبوتاسيوم وبتراكيز جيدة نسبياَ ولمحاصيل حقلية مثل الرز والذرة الصفراء ومحاصيل بستنية مثل الطماطة والباذنجان المزروعة تحت الزراعة المحمية.

الاضافة رشاَ للعناصر الغذائية تعد متميزة مع العناصر المغذية الصغرى وذلك لأن التراكيز التي تضاف فيها هذه العناصر واطئة فلايوجد خوف من الحروق او التأثير السلبي للاضافة لاسيما اذ ما تمت الاضافة بالتراكيز والاوقات المناسبة ،هذا فضلاَ عن المشاكل التي تواجه اضافة العناصر المغذية الصغرى عند الاضافة الى التربة .

اضافة السماد مع مياه الري(Fertigation)

- الاضافة مع الري بالرش وهنا تكون الاضافة هي نفسها الاضافة رشاَ على الاجزاء الهوائية للنبات او التسميد الورقي وتتبع معه القواعد نفسها من حيث المصدر السمادي والتركيز ووقت الاضافة.

- الاضافة مع نظام الري بالتنقيط او مايطلق عليه الري المسمد او الرسمدة او الفرتكة تعريباً للاسم الانكليزي Fertigation الذي هو عبارة عن دمج لكلمتي Fertilization +Irrigation .ومن اهم فوائد هذا الاسلوب او التقنيه هي الاضافة للعناصر المغذية وبشكل يتناغم مع نموالمحاصيل .

أسمدة النتروجين أكثر استعمالاَ في هذه الطريقة والفسفور تعد الأقل بهذه الطريقة وذلك لان معظم الفسفور المضاف ممكن ان يترسب مع المياه عالية المحتوى من الكالسيوم والمغنيسيوم ومن الممكن ان تغلق المنقطات.

الإضافة للأسمدة في هذه الطريقة تتم من خلال الإضافة في الخزانات الموجودة ضمن منظومة الري بالتنقيط.

التسميد ونوعية الحاصل

Fertilizers application & quality of crops

النوعية من الامور المهمة التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند الحديث عن الاسمدة واهميتها،ومع هذا فموضوع النوعية لايهتم به غالباً لاسيما في الدول النامية لأن التركيز على الانتاجية يكون اكثر.

ان مقياس النوعية والجودة يعتمد على نوع المحصول والغرض من زراعته.فالمحصول الحبوبي يكون الاهتمام بنوعية حاصل الحبوب واذا كان المحصول حنطة مثلاً التأكيد على نوع الحبوب ومدى صلاحيتها للمعجنات او الخبز وفي المحاصيل السكرية التأكيد يكون على كمية السكر ونوعيته وفي المحاصيل العلفية التاكيد على القيمة التغذوية للعلف وهكذا.

وبشكل عام اضافة النتروجين بكميات مثالية ومتوازنة مع العناصر المغذية للنبات الاخرى وفي التوقيت المناسب سيكون له تأثير ايجابي في نوعية العديد من المحاصيل.اما الاضافة العالية بدون موازنة وفي اوقات متأخرة من النمو ممكن ان تؤثر سلباً في النوعية فزيادة كمية النتروجين او تأخر باضافتها لاسيما للدفعة الاخيرة تدفع النبات لتكوين نموات خضرية جديدة ومن ثم التاثير سلباً في كمية الانتاج.

نوعية السماد مهمة فكلوريد البوتاسيوم ممكن ان يؤثر سلباً في التبغ وحتى في نوعية النشأفي البطاطا في الوقت الذي لايكون هناك تأثير سلبي بل على العكس ايجابي مع كبريتات البوتاسيوم.وعموماً اضافة البوتاسيوم تحسن من نوعية ثمار الطماطة المخصصة للمعجون وكذلك اضافة الفسفور ممكن ان تحسن نوعية النشا و ممكن ان يقلل من حساسية الضرر الميكانيكي خلال الجني والنقل لمحصول البطاطة.البنجر السكري يستجيب للاضافات السمادية

النتروجينية في مدة النموالخضري الا ان الاضافات العالية المتأخرة ممكن ان تؤثر سلباَفي كمية السكر والشئ نفسه للمحاصيل الزيتية.

توافر الغنيسيوم بكمية جيدة في التربة يؤثر في نوعية الاعلاف وهنا الاعلاف التي ينقصها المغنيسيوم ستؤثر في صحة الحيوان بما يسمى بكزاز الحشائشGrass Tetany (لاسيما اذا ماكان محتوى المغنيسيوم في مصل دم الحيوان اقل من 1 ملغم / 100 مللتر).

التسميد بالاسمدة الامونياكية ممكن ان يؤثر سلباَ في نوعية العديد من محاصيل الخضر من خلال تأثيره في كمية الكالسيوم الممتصة من قبل النبات.

وعموماَ معظم العناصر المغذية للنبات هي مفيدة للانسان والحيوان الا ان ارتفاع بعضها ممكن ان يكون له تأثير سلبي في صحة الحيوان والانسان احياناَ.والمثال على ذلك موضوع النترات في النبات فهي بحد ذاتها لاتؤثر في النبات بشكل محدد الا ان التأثير السلبي يكون على الحيوان اذا تغذى او قدمت له عليقة ذات محتوى عالٍ من النترات.اذ ان النترات ممكن ان تختزل في ظروف معينة داخل معدة الحيوان وتتحول الى النتريت التي يكون لها تَثير سلبي في الدم مؤديةَ الى العديد من المشاكل الصحية للحيوانات ولاسيما الابقار.اما الانسان فتأثير النترات اذا ما تجمعت في محاصيل الخضر وارد الا انه غير مهم بشكل كبير الا مع الاطفال ويتطلب تناول كميات كبيرة من محاصيل الخضر الغنية بالنترات مثل السبانغ.وهنا تأتي اهمية المصدر السمادي النتروجيني وكمية اضافته.اذ ان تجمع النترات يحدث في الغالب مع الاسمدة النتراتية ويقل مع الاسمدة الامونياكية .ومع هذا يرتأي عدد من الباحثين بألايزيد تركيز النترات في نباتات العلف عن 0.2 % من المادة الجافة لأن التراكيز الاعلى ممكن ان تحدث سمية للحيوانات.واذا ماتم التعبير على اساس وزن جسم الحيوان فان تراكيز في الدى 70–140 ملغم نترات لكل كغم من وزن جسم الابقار واقل بقليل في الاغنام.اما بالنسبة للانسان فالحد المسموح به 15–70 ملغم نترات لكل كغم من وزن جسم الانسان البالغ والتركيز اقل بالنسبة للاطفال.

نقص الكالسيوم معروف بعلاقاته مع عدد من الامراض الفسيولوجية او عدم الانتظام الفسيولوجي المرتبط بنقص الكالسيوم Calcium related disorders ومنها تعفن الطرف الزهري (BER) في الطماطةوالنقرة الفارغة Cavity spot في الجزروالنقرة المرة في التفاح (Bitter Pit).

وبشكل عام توافر العناصر المغذية للنبات بشكل متوازن يزيد من قابلية المحاصيل المختلفة في مقاومة الامراض ومقاومة الاصابة بالحشرات.اذ ان الاضافات العالية غير المتوازنة للنتروجين تجعل النباتي عصاري وعرضة للاضطجاع والاصابة بالحشرات والفطريات.

التسميد الجيد بالبوتاسيوم يزيد من قابلية النبات على مقاومة الامراضوالحشرات والظروف البيئية الصعبة من خلال دوره في زيادة سمك جدران الخلايا ودوره المعروف في تنظيم الماء في النبات.

مما تقدم فأن دور العناصر المغذية للنبات لاينحصر في التأثير في كمية الانتاج بل النوعية ومقاومة الامراض ايظاَ ، وغالباَ قد لاتكون هناك استجابة في الانتاج الا ان تحسين النوعية مهم وممكن ان يكون هوالمحدد للاضافة من عدمها للسماد احياناَ.

اقتصاديات استعمال الأسمدة :

على الرغم من ان الاستعمال العالمي للاسمدة مستقر نوعاَ ما الا ان هناك عدداَ من الدول النامية لاتزال تستعمل الاسمدة بكميات اقل من المطلوب،ولذا لايزال السماد يعد المحدد لانتاجية المحاصيل والربحية. ولتغطية متطلبات الغذاء العالمي في الخمسين سنة القادمة فان زيادة الانتاجية الزراعية تتطلب زيادة في المدخلات لاسيما الاسمدة.ومع المستويات العالية من الاسمدة المطلوبة فان من المهم ان تكون كفاءة استعمالهاعاليةلاسيما وان الانتاج العالي للمحاصيل يمثل الفرصة الاهم في تقليل كلفة الانتاج على اساس الوحدة السمادية.وللحصول على إنتاج معين فان المستثمر او المزارع التحكم بالمدخلات من الاسمدة والمكائن و....ومع ان الاستعمال الفعلي للمدخلات يعتمد على الكلف النسبية والعائدات وهذه تتغير من سنة لاخرى وبشكل متصاعد تدريجياَ.وعلى الرغم من ان كلف الاسمدة هي الاخرى في تغير وتصاعد مع الزمن الاانها وبشكل عام اقل نسبياَ من الارتفاع الحاصل في كلف المدخلات الاخرى.من الجهة الاخرى فان اسعار المخرجات او العائدات لم ترتفع بما يوازي الارتفاع في الكلف للمدخلات.وهذا يتطلب من المستثمر الحصول على افضل انتاجية من خلال استعمال كفوء لكل المدخلات ومنها الاسمدة والمصلحات.

<u>مستوى الانتاج وكلف الانتاج</u>

الممارسات التي تزيد من الانتاج لكل وحدة ارض تقلل الانتاج لكل وحدة محصول اذ ان الكلف لتحضير الارض والحراثة والنبات لمحصول ذي انتاج واطئ هي ذات الكلف لمحصول ذي انتاج عالٍ.والمدخلات لتحسين الانتاج ترفع من كلف الانتاج الكلية لوحدة المساحة الا انها تخفض وتقلل الكلف لوحدة الانتاج وتزيد من الربح الصافي.الارض والمباني واليد العاملة كلها تكون في الاساس ثابتة وتحدث بغض النظر عن كمية الانتاج ولكن المتغير هي التي تختلف مع الانتاج وتتضمن الاسمدة والمبيدات والحصاد والنقل.

وهناك عدد من الممارسات الادارية التي تسهم في زيادة الانتاج فضلاَ عن الاسمدة وهي:

- التوقيت:التوقيت مهم في الحراثة والزراعة واضافة الاسمدة والسيطرة على المحددات البايولوجية من امراض وحشرات وموعد الحصاد والجني.
- موعد الزراعة:تاخير موعد الزراعة عن الموعد المثالي يمكن ان يقلل الانتاج بمقدار 25-50 كغم للهكتار لكل يوم تاخير لمحاصيل مثل الذرة الصفراء وفول الصويا.
- السيطرة على الحشرات والامراض:التشخيص المبكر يسمح لاضافة المبيدات الفعالة والمكافحة المطلوبة.
- اختيار الصنف:اختيار الصنف والهجين الجيد يمكن ان يؤثر بالانتاج والربحية .
- كثافة الزراعة(عدد النباتات في وحدة المساحة):اختيار الكثافة المناسبة يكون مهم لتحقيق الانتاجية المطلوبة .
- الدورة الزراعية:الدورة السليمة والمناسبة تقلل من الامراض والادغال ومشاكل الحشرات وتحسن من بناء التربة وخصوبة التربة ومن ثم تزيد من الانتاجية والربحية.
- الحراثة المناسبة وبما يتلاءم مع ظروف التربة والمناخ ممكن ان تؤدي الى زيادة جاهزية الماء ونموالجذور والانتاجية.

سعر السماد:

من المهم عند اختيار السماد ان يتم حساب السعر على اساس قيمة العنصر المغذي وليس على اساس اخر.مثال ذلك اذا كان لدينا سمادان احدهما 20-20-10 (K2O-P2O5-N) بسعر 250 الف دينار للطن الواحد وسماد اخر تركيبته 10-10-5 بسعر 150 الف دينار للطن فان السماد الاول يكون ارخص على اساس اننا نحتاج الى طنين من السماد الثاني كي نحصل على الكمية نفسها التي يجهزها طن من السماد الاول.بتعبير اخر كلفة السماد الثاني ستكون 300 الف دينار لتعطي كمية العناص الموجودة في السماد الاول وبسعر 250 الف .

مثال اخر اذا كان لدينا سماد يوريا (46% N)بسغر 200 الف دينار للطن وسماد كبريتات الامونيوم(21 %N) بسعر 100 الف دينار للطن فان سماد اليوريا يكون ارخص على اساس كلفة الكلغم من النتروجين وكما ياتي:

الطن من سماد اليوريا يحوي على 460 كغم من عنصر النتروجين N وهذا يعني ان سعر الكيلوغرام من N يكون 200 000 / 460 = 435 دينار

اما بالنسبة لكبريتات الامونيوم

الكيلوغرام من N يكون 100 000 / 210 = 476 دينار

وهذا يعني ان سعر اليوريا هنا ارخص ناهيك عن كلفة عملية النقل التي تكون ضعف في حالة سماد كبريتات الامونيوم.

المخلفات الحيوانية:

الفائدة المرجية من إضافة المخلفات تتجاوز كونها مصدر للعناصر المغذية المختلفة فحسب وإنما مصلحاً للتربة لدورها في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية للتربة من تحسين بناء التربة وتحسين العلاقات المائية وزيادة نشاط الاحياء المجهرية وزيادة جاهزية العديد من العناصر المغذية.ومع هذا يجب ان تراعي كلف النقل ومحاولة تقليلها عن طريق تخمير الأسمدة الحيوانية او إعطاءها الفرصة للتحلل وهنا ستكون ارخص في كلف النقل ومفيدة بشكل مباشر للمحاصيل.ومع هذا الكلف والجدوى الاقتصادية مع اهميتها الا ان الاضافة للمخلفات تكون ضرورة لبعض الترب المتردية في خواصها الفيزياية بل من المستحيل زراعتها احياناً كما هوالحال في بعض الترب الخشنة .

اسئلة عامة:

س:أيهما ارخص شراء طن من فوسفات أحادي الامونيوم(11-48-0) بسعر 200 ألف دينار للطن الواحد او طن من فوسفات ثنائي الامونيوم (18-48-0) بسعر 225 ألف دينار للطن.هذاا مع العلم ان سعر ليوريا 200 الف دينار للطن.